Micro et Robots

16 F
N° 3
Janvier 84

Réalisez ce robot bâtisseur !

BANCS D'ESSAIS
Hector HRX
Epson FX 80

INITIATION
Le Basic
Le microprocesseur 6502

TECHNOLOGIES
L'effet Hall
Le système Ulysse

REALISATIONS
Détecteur d'inclinaison
Sonnette à microprocesseur
Transmetteur téléphonique automatique

Belgique : 130 F.B.
Suisse : 5,60 F.S.
Canada : 2,25 $.

T 2351-03-16,00 F

Multisoft, Pionnier de la Micro-Robotique.

NOUVELLE OPTION :
CAMÉRA INTELLIGENTE

6.950 F HT * (8.243 F TTC)
Le robot seul en cash and carry

Toujours à la pointe de la technologie, Multisoft ouvre l'Ère de la Robotique Individuelle.

Conçu pour la Recherche, l'Enseignement, les Laboratoires et l'Industrie, le Robot Multisoft est maintenant à la portée de tous les passionnés (plus de 1.000 robots individuels vendus dans le monde). Le Robot Multisoft sera votre complice dans de multiples activités y compris dans le jeu.

Le Robot Multisoft est conçu sur les mêmes principes que les robots industriels à moteurs électriques.

- 5 degrés de liberté (bras à 5 articulations).
- 6 moteurs contrôlés séparément ou simultanément (permet le contrôle de trajectoire).
- Main à 3 doigts livrée en standard (permet de saisir les formes les plus diverses). En option : pince à serrage parallèle.
- Volume d'action : sphère de 900 mm.
- Capacité de charge : 300 g.
- Précision meilleure que ± 2 mm. (Répétabilité).
- Programmes disponibles pour DAI, APPLE, CBM, TRS 80, ZX 81, ATOM etc.

Et bien sûr, vous profiterez de tous les services Multisoft : Conseils, Technique, Crédit, Vente par correspondance, Détaxe à l'exportation, Service après-vente, etc. Documentation, démonstrations et vente, à la boutique Multisoft.
25, rue Bargue, 75015 Paris. Tél.: 783.88.37.

MULTISOFT
ROBOTIQUE

NOUS ADRESSER DIRECTEMENT VOTRE DEMANDE DE DOCUMENTATION PAR SIMPLE LETTRE

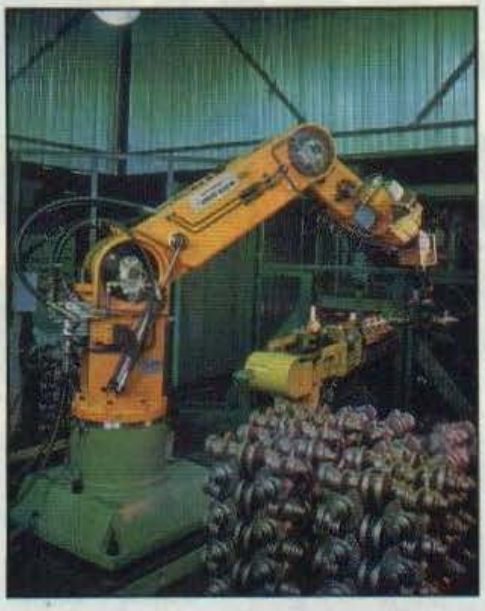
N° 3
JANVIER 84

Sommes-nous capables de faire aussi bien que les autres ? Question incongrue s'il en est : les concepteurs de ce micro-ordinateur français, Hector HRX, se sont mis à l'ouvrage et le produit de leur labeur ne manque pas d'atouts. L'ingéniosité on la trouve encore avec Marc Rembauville qui a imaginé et construit un robot bâtisseur pour le moins original. Le Lego inspire les inventeurs : vous en aurez une preuve supplémentaire le mois prochain !
(Photos : Pascal Cossé)

Sommaire

RUBRIQUES

8 Reportage : les robots du Nord
12 Notes
14 Composants
16 Bibliographies
59 Abonnement
82 La recherche



REALISATIONS

60 Une sonnette à microprocesseur
66 Un transmetteur téléphonique automatique
76 Un détecteur d'inclinaison
84 Un robot bâtisseur

TECHNOLOGIES

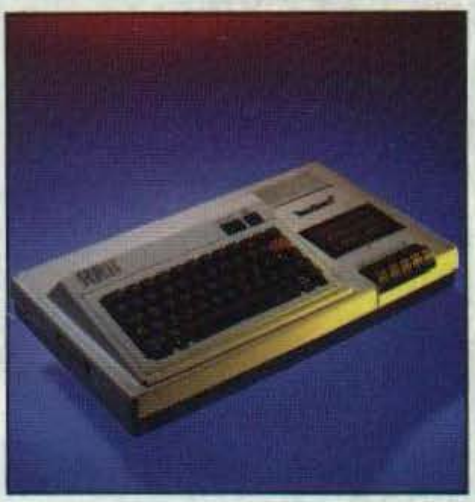
17 Capteurs à effet Hall et magnétorésistances
38 L'œil du robot : la vision artificielle

INITIATION

24 La programmation : le Basic
28 Symboles logiques
31 Le microprocesseur 6502
34 Algèbre de Boole : la dualité

TESTS

43 L'imprimante Epson FX 80
51 Logiciels pour Oric-1
52 Le micro-ordinateur Hector HRX



Micro et Robots est édité par la Société des Publications Radio-Electriques et Scientifiques, société anonyme au capital de 120 000 F. **Administration-Rédaction-Ventes :** 2 à 12, rue de Bellevue, 75940 Paris Cedex 19. Tél.: 200.33.05. Télex : PGV 230472F. **Publicité :** S.A.P. 70, rue Compans, 75019 Paris. Tél.: 200.33.05. **Abonnements :** 2 à 12, rue de Bellevue. 75940 Paris Cedex 19. Tél.: 200.33.05. 1 an (11 numéros) : 145 F (France), 190 F (étranger). Directeur de la publication : A. Lamer. Rédacteur en chef : J.-C. Hanus. Comité de rédaction : C. Ducros, B. Fighiera, A. Joly, Ch. Pannel. Ont collaboré à ce numéro : C. Beaudrap (maquette), P. Cossé (photos), C. Bugeat, N. Crewe, G. de Dieuleveult, J. Diebolt, S. Labrune, E. Lémery, C. Tavernier, M. Rembauville, W. Verleyen, Ph. Wallaert. Composition : S.P.B.P. Distribution : Transport Presse. Imprimerie : S.N.I.L. La Rédaction de Micro et Robots décline toute responsabilité quant aux opinions formulées dans les articles, celles-ci n'engageant que leurs auteurs. Les manuscrits publiés ou non ne sont pas retournés.

«La loi du 11 mars 1957 n'autorisant aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que «copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective», et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, «toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite» (alinéa premier de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code Pénal.»

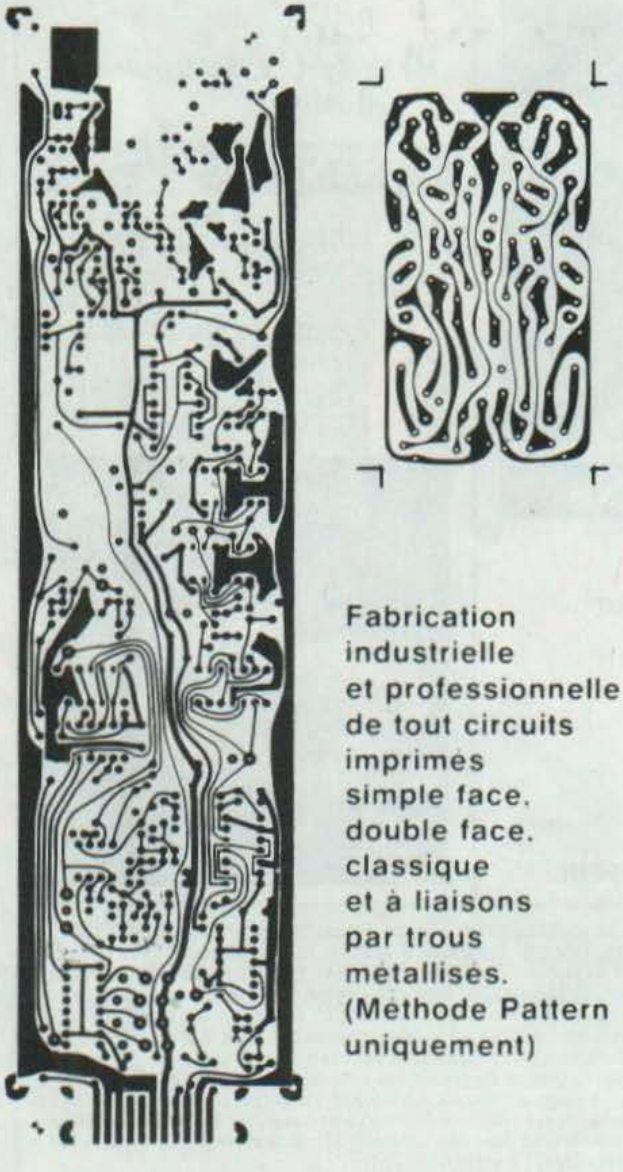
Commission paritaire : en cours. Numéro d'éditeur : 777. Dépôt légal : janvier 84.

ELECTRO-CONCEPT

CONCEPTION ET FABRICATION
DE CABLAGES ELECTRONIQUE

45 personnes
sur
1 000 m² couvert
à votre service
à 60 mn de Paris

Proto classique **48** *heures.*
Proto métallisé **6** *jours.*



Fabrication industrielle et professionnelle de tout circuits imprimés simple face, double face, classique et à liaisons par trous métallisés. (Méthode Pattern uniquement)

25, route d'Orléans, 45610 CHAINGY
Tél. : (38) 88.86.67 lignes groupées.

POUR TOUS JEUX VIDEO ET MICRO-ORDINATEURS

INTERFACES CGV
PERITELEVISION ⇒ U.H.F. SECAM

Produit français, conception et circuits protégés par brevet.

Compatible tous micro-ordinateurs et jeux vidéo en sortie péritélévision. Interrupteur d'antenne automatique incorporé Dimensions : 13,7 x 9,7 x 4,1 cm

CGV

PRODUIT EN FRANCE PAR : COMPAGNIE GENERALE DE VIDEOTECHNIQUE

DISTRIBUTEUR NATIONAL EXCLUSIF VIDEO-MATCH

8, 10, rue Alexandre Dumas
67200 STRASBOURG
Tél. : (88) 28.21.09
Télex : 890 264 F VIMA

video Match

VENTE EXCLUSIVE AUX REVENDEURS

Tout bien pesé,

l'ordinateur Sanyo PHC 25 mérite le prix d'excellence !

PHC 25	PHC 25	PHC 25	PHC 25	PHC 25
PRIX	**BASIC** ETENDU**	**MEMOIRE** 22 K**	**INTERFACES****	**COULEUR GRAPHIQUE**
2 350 F TTC*	24 K mots GRAPHIQUE COULEUR MANUEL EN FRANÇAIS	RAM 22 K mots dont 6 K mots pour la vidéo	Cassette Vidéo Imprimante Alimentation secteur.	9 couleurs sur téléviseur muni d'une prise Péritélévision.

SANYO

**Prix couramment pratiqué au 30 mars 1983. **Fournis sans supplément de prix.*

OPTIONS : Synthétiseur musical. Poignées de jeux. Codeur SECAM TV couleur. Imprimante 4 couleurs. Câbles pour TV. Magnétocassette. Imprimante. Nombreux programmes disponibles.
EXTENSIONS PREVUES : 8 K. RAM et lecteurs de disquettes.

Spécifications susceptibles de changement sans préavis.

Pour recevoir une documentation, retournez ce coupon à SANYO FRANCE 8, avenue Léon HARMEL 92160 ANTONY

Nom et Prénom _____ Profession _____

Adresse complète _____

_____ Tél. _____

M.R.

ARCANE Communication

58 RUE N.D. DE LORETTE

LE 1er LIBRE-SERVICE

DU LOGICIEL

NOUVEAU !

J.C.R. lance le premier libre-service du **logiciel** ! J.C.R., c'est pouvoir enfin choisir en toute tranquillité parmi les 400 logiciels de jeux éducatifs, scientifiques ou utilitaires.

J.C.R., c'est pouvoir aussi équiper son micro-ordinateur : des centaines **d'accessoires** sélectionnés vous sont proposés sur stock.

J.C.R., c'est également pouvoir compléter sa bibliothèque en consultan la **librairie** spécialisée J.C.R. : les derniers et meilleurs titres y sont. Et to cela tranquillement, en fonction de ses goûts et de ses besoins.

Le libre-service, un nouveau servic J.C.R. pour vous.

56 RUE N.D. DE LORETTE

J.C.R. BOUTIQUE

TOUS LES MICRO-ORDINATEURS

APPLE • HECTOR • SINCLAIR • ORIC • SEIKO • CASIO • CANON • VICTOR • COMMODORE • SHARP • EPSO

APPLE II - APPLE III
COMMODORE 64 version SECAM 3800 F
COMMODORE 64 version PAL 2950 F

ORIC I 48 K + cordon péritel 2180 F
CASIO FP 200 3800 F
SINCLAIR ZX 81 580 F

HECTOR
48 K HR Graphique Haute Résolution 4390 F
HRX 4950 F
Disque 1 Drive pour HECTOR HRX 6500 F

Catalogue JCR gratuit sur demande.

JCR Boutique

56-58 rue N.-D.-de-Lorette	75009 PARIS	Tél. : 282.19.80 - Télex : 290 350 F
59 rue du Docteur-Escat	13006 MARSEILLE	Tél. : (91) 37.62.33
313 rue Garibaldi	69007 LYON	Tél. : (7) 861.16.39
2 rue de la Merci	34000 MONTPELLIER	Tél. : (67) 58.84.37 / 58.78.36

LE LASER 200
1280F TTC

L'INCROYABLE MICRO-ORDINATEUR COULEUR SECAM !

- *Microprocesseur Z 80 A*
- *Langage Microsoft Basic*
- *Affichage direct antenne télé SECAM*
- *Clavier 45 touches pleine écriture, + clef d'entrée, + graphismes, + bip sonore anti-erreurs...*
- *Texte + graphismes mixables 9 couleurs*
- *Edition et correction plein écran*
- *Son incorporé*
- *Toutes options : extension + 16 K + 64 K, interface imprimante, imprimante, stylo optique, manettes, jeux, modem, disquettes...*

VTECH **VIDEO TECHNOLOGIE FRANCE**

19, rue Luisant 91310 Monthléry
Tél. (6) 901.93.40 - Télex : SIGMA 180114

BON DE COMMANDE

A retourner à : VIDEO TECHNOLOGIE - 19, rue Luisant - 91310 Monthléry - Tél. (6) 901.93.40 - Télex SIGMA 180114

Je désire recevoir:

☐ **Version A**

Micro-ordinateur couleur SECAM LASER 200 ..... 990 F TTC

Kit d'accessoires:

Modulateur SECAM incorporé
+ Transfo 220 V 50 HZ
+ 3 interfaces : câble télé, câble vidéo, câble lecteur K7
+ Livre utilisateur Basic en français, 150 pages
+ Livrets techniques en français
+ Cassette
+ Garantie 1 an, pièces et main-d'œuvre

Le kit complet ..... 290 F TTC

1.280 F TTC

Extensions - Périphériques - Interfaces

☐ Extension de mémoire 16 K RAM (soit 20 K disponibles) 540 F TTC
☐ Extension de mémoire 64 K RAM (soit 68 K disponibles) *(livraison fin octobre)* ..... 990 F TTC
☐ Lecteur de cassette DR 10 ..... 490 F TTC
☐ Interface d'imprimante « Centronics » ..... 290 F TTC
☐ Imprimante 4 couleurs *(livraison fin septembre)* ... 2.360 F TTC
☐ Manettes de jeux (la paire) *(livraison fin septembre)* . 290 F TTC
☐ Stylo lumineux *(livraison fin octobre)* ..... N.C.
☐ Interface disquette *(livraison fin octobre)* ..... N.C.

TOTAL DE MA COMMANDE : F TTC

Nom _____

Prénom _____

N° _____ Rue _____

Ville _____

Code Postal |_|_|_|_|_|

Je choisis de payer le total de ma commande :

☐ Au comptant, par CCP, chèque bancaire ou mandat, à l'ordre de VIDEO TECHNOLOGIE FRANCE.
☐ Contre-remboursement au transporteur, moyennant une taxe de 60 F.

Signature

MF

Au cas où je ne serais pas entièrement satisfait, je suis libre pendant un délai de 15 jours, de retourner à mes frais dans son emballage d'origine le matériel que j'aurai reçu et je serai intégralement remboursé des sommes que j'aurai versées.

REPORTAGE

LES ROBOTS DU NORD

L'AFRI (Association Française de Robotique Industrielle), nous vous l'avons présentée dans notre numéro 1. Un de ses objectifs majeurs : promouvoir la robotique industrielle française, et, en particulier — ce n'est qu'une des facettes de ses activités — en organisant des voyages techniques dans des entreprises françaises ou étrangères exploitant des robots et des manipulateurs industriels. Et c'est ainsi que le début du mois de novembre nous a vu prendre la direction des Flandres, avec comme buts : le métro VAL de Lille, le CREATI (*) dans le cadre de l'Université des Sciences et Techniques de Lille I à Villeneuve d'Ascq et l'Usine Renault de Douai et ce, sous la houlette de M. Guy Maes, directeur de l'AFRI. Rude programme, en vérité, si l'on songe que tout cela, venue de Paris et retour compris, devait s'effectuer dans le cadre temporel d'une journée unique.

Premier contact, à notre arrivée en gare de Lille, avec le VAL, une ligne de métro entièrement automatisée, qui n'est pas sans rappeler celle qui assure les liaisons entre terminaux de l'aéroport d'Atlanta (USA). Une bonne raison à cela : le concepteur et maître d'œuvre dans l'un et l'autre cas sont les mêmes : la société Matra.

La recherche et l'industrie à l'heure des robots : un nouveau visage du Nord.

Le VAL, entré en service le 16 mai 1983, comporte dès à présent 13 stations dont le nombre sera porté à 18 au printemps 1984. Particularité de ce métro inhabituel : ses voitures ne véhiculent aucun conducteur et la notion de sûreté du voyageur se trouve intégrée dans la conception même du système qui permet, grâce à l'automatisme intégral, une grande possibilité d'adaptation aux besoins du public :

— Fréquence de passage élevée, pouvant aller jusqu'à une minute aux heures de pointe.

— Vitesse commerciale de 36 km/h.

— Une grande amplitude de service (de 5 h 30 du matin à 0 h 30 du lundi au samedi et de 6 h 30 du matin à 0 h 30, le dimanche).

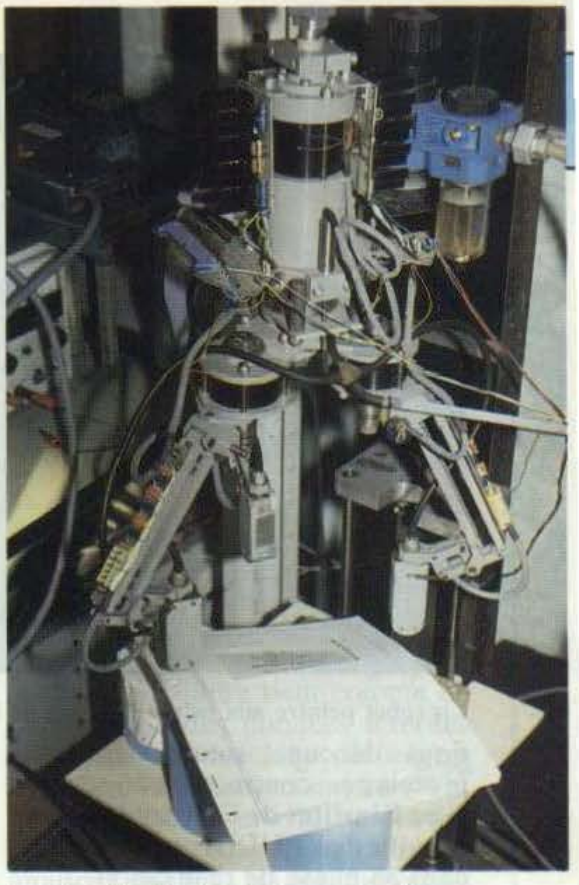
A chaque station, l'écran continu des portes palières qui longent les quais empêche toute possibilité de chute sur la voie. Lorsqu'une rame s'arrête en station — une rame comporte 2 voitures ce qui représente une longueur de 26 m pour une largeur de 2,06 m et une hauteur de 3,25 m ; nombre de places en charge normale : 124 (dont 68 assises), nombre qui atteint 208 en charge exceptionnelle — les portes des quais et celles de la rame s'ouvrent simultanément et se referment de même avant le départ.

Différents moyens de communications — caméras vidéo, interphonie — permettent aux agents du PCC (Poste de Contrôle et de Commande) d'être en permanence tenus informés du bon déroulement du voyage. De plus, un système de sonorisation couvrant l'ensemble des rames et des stations, leur permet d'adresser des informations aux voyageurs, lesquels bénéficient de l'interactivité à l'aide d'interphones disposés tant dans les voitures que dans les stations.

Le Creati

Le VAL nous dépose à la station «Cité Scientifique», là où se situe l'Université des Sciences et Techniques de Lille I. Dans la partie du

Un micromanipulateur chirurgical mis au point au Creati.



La pince Bertin à intelligence locale.

campus dévolue à la Physique, le bâtiment P2 abrite les services d'enseignement et de recherche du département E.E.A. (Electronique, Electrotechnique et Automatique) et en particulier le service «Automatique et Systèmes Homme-Machine», L.A. (Laboratoire Associé) au CNRS et qui, à ce titre, reçoit de cet organisme une aide tant sur le plan du personnel (chercheurs, techniciens) que sur le plan matériel (A.T.P. : Action Thématique Programmée). C'est là que nous attend M. Vidal, Professeur à l'Université et responsable d'une partie du département, qui, après nous avoir précisé le but du CREATI, devait nous faire découvrir quelques uns des sujets d'étude et de recherche des équipes du laboratoire.

S'agissant du CREATI, il se définit comme une association à but non lucratif regroupant le département EEA, les écoles d'ingénieurs de la région du Nord, un certain nombre de firmes industrielles et de Chambres de Commerce... cette réunion étant destinée à mieux connaître les besoins de l'industrie et de tenter d'apporter des solutions, dans le domaine de l'automatisation, aux problèmes posés par la mise en œuvre des technologies que cela implique. Autrement dit, nous avons affaire à une collaboration entre la recherche publique, d'une part, et la recherche privée et l'industrie, d'autre part, ce qui se traduit par la mise en commun des moyens dont chacun dispose. Dans les faits, cela se concrétise par des contrats qui permettent de financer tout ou partie des DEA (Diplôme d'études approfondies), des thèses de 3e Cycle, d'ingénieur-docteur ou même d'Etat, les sujets étant alors inspirés par les nécessités de l'heure.

Dans le temps qui nous était imparti, il n'était guère question de tout voir et tout apprécier de ces activités qui occupent une cinquantaine de chercheurs à temps plein.

Le L.A. 370 — telle est son appellation administrative pour le CNRS — a ses activités essentiellement orientées vers la recherche de théories et de techniques de l'automatique et de l'informatique à des fins d'amélioration des performances des systèmes et des conditions de travail des opérateurs humains dans des tâches de conception, d'information, de surveillance et de fabrication. Dans ce cadre, trois thèmes de recherche fondamentaux :

— L'interaction homme-machine (Automatique humaine, modélisation de l'opérateur humain, informatique industrielle et communication homme-machine, télémanipulation).

— Conception et gestion des systèmes de production (conduite automatique des systèmes discrets de production, conception des dispositifs de conduite des processus, dispositifs de commande programmée et CAO).

— Processus de décision dans les systèmes (analyse, synthèse et reconnaissance de scènes et d'objets 3D, analyse et commande de systèmes complexes, observation des processus dynamiques et instrumentation micro-informatisée, classification automatique et processus de production).

Vaste programme dont nous n'avons pu appréhender que quelques uns des aspects avec :

— Un micromanipulateur chirurgical : ce projet consiste en la conception d'un prototype destiné à aider un chirurgien lors d'opérations «fines» telles que la keratoplastie (greffe de la cornée) ou la vitrectomie. Ce manipulateur est commandé à partir d'un calculateur; le chirurgien se place en amont de la chaîne, au niveau décisionnel, la partie aval — l'exécution — étant dévolue au robot. Celui-ci comporte : un module translation qui permet de positionner un point dans l'espace (point que l'on fera correspondre avec le point de pénétration dans l'œil), un module orientation qui permet d'atteindre n'importe quel point à l'intérieur d'une certaine zone de l'œil et enfin un module tenue de l'outil qui permet l'utilisation d'une large gamme d'instruments et l'application à d'autres types d'opéra-

Un robot peintre aux usines Renault de Douai.

tions (découpe, suture Laser). Ce prototype, conçu en coopération avec l'Institut de Construction Mécanique de l'EUDIL est maintenant dans sa phase de réalisation.

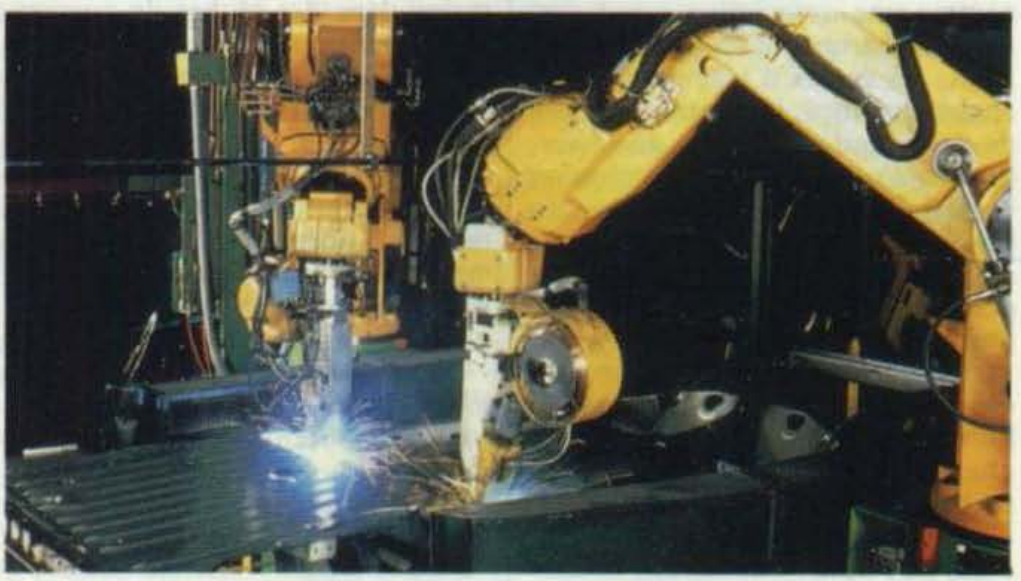
— Une détermination et mise en œuvre des niveaux stratégiques et de coordination avec, comme application, la pince Bertin. Parmi les modes de conduite de robots ou de télémanipulateurs, le mode semi-automatique se caractérise par la juxtaposition de phases de conduites manuelles dirigées par l'opérateur et de phases de conduites automatiques. Le passage de la phase manuelle à la phase automatique est déclenché par l'opérateur alors que le retour à la phase manuelle a lieu sur décision de l'opérateur en fin de cycle automatique. Ce qui a conduit à développer un outil conçu autour d'une architecture mécanique autorisant plusieurs types de préhension (digitale, sphérique...) et doté d'un équipement sensoriel permettant un contrôle dynamique des opérations (capteurs proximétriques à jet d'air) et équipé d'une intelligence locale dirigeant la phase terminale de la saisie, d'une part, par l'application de stratégies adaptées aux diverses situations possibles (cette intelligence locale est chargée de diriger les activités au niveau de la pince : perception de l'environnement, commande des degrés de liberté...), d'autre part, par la spécification au manipulateur de la séquence de gestes et des contraintes relatives aux mouvements nécessaires à l'aboutissement de la saisie.

Ainsi apparaît clairement que, mise à part la liaison mécanique, la liaison essentielle entre un organe terminal et un robot se résume en un dialogue de coopération dirigé, en cours de saisie, par l'élément actif de la préhension. Dans sa version industrielle, un tel outil sera livré avec un jeu de stratégies de préhension type (pièces sphériques, de forme allongée...) qui pourra être remplacé ou complété par des stratégies propres aux besoins de l'utilisateur ; ce qui est possible à la fois du fait de la modularité de la structure matérielle et logicielle et de l'existence d'un jeu d'instructions simples utilisé pour coder toute stratégie de préhension.

La commande de cet outil est effectuée actuellement à partir d'un système de développement 8 bits. L'avancement des travaux permet d'intégrer ces algorithmes de commande dans une structure multiprocesseurs (monochip 8 bits) embarquée. Le développement et l'implantation de ce module d'interaction «pince autonome/opérateur humain» fait l'objet d'une poursuite des travaux en matière de préhension dans un contexte de télé-opération, cette fois, avec deux caractéristiques recherchées :

- Le système de commande doit mettre à la disposition de l'opérateur des instructions de différents niveaux afin qu'il puisse commander l'exécution automatique de certaines tâches aussi bien que la réalisation, à un niveau inférieur, d'un travail qui dépasse les possibilités propres du système de commande de son télé-opérateur.
- Ce système de commande doit permettre à l'opérateur de réagir avec la vitesse dictée par les modifications parfois très rapides de l'environnement de sa machine.

— La classification automatique et automatisation de processus de production agricole : l'automatisation de la production agricole nécessite une approche souple et flexible qui puisse prendre en compte la grande variabilité des produits naturels. Le tri automatique de semences pour éliminer les graines des plantes parasites nuisibles aux récoltes, constitue un



Un autre robot spécialisé dans la soudure (doc. Renault).

champ d'application intéressant des techniques d'extraction de caractères et de classification d'images. En aval de ce tri, la mise en germination automatique des semences pures nécessite la mise au point de nouvelles techniques d'automatisation flexible pour la manipulation de graines de taille et de forme très variées. Ces études de robotique agricole sont actuellement en cours en collaboration avec l'INRA.

— L'optimisation d'emploi des tissus en confection qui fait intervenir deux aspects :

• d'une part, la définition d'un système de visites des tissus permettant d'obtenir une géographie, sur support informatique, de la pièce visitée.

• d'autre part, à partir de cette géographie et des contraintes induites par le carnet de commande, la recherche d'une méthode d'affectation optimale vis à vis des taux de deuxième choix.

Telles sont quelques unes des préoccupations actuelles du laboratoire «Automatique et Systèmes Homme-Machine», celles qui nous ont été présentées. Il en est bien d'autres d'après le rapport d'activité 1983, plus théoriques pour certaines d'entre elles. C'est ici que s'élabore une partie de la robotique française de demain, à partir de prototypes et de recherche fondamentale.

Renault à Douai

L'après-midi devait nous voir plus proches de la robotique appliquée, avec une visite des usines Renault de Douai; visite partielle compte-tenu du fait qu'implantés sur un terrain de 350 hectares, les ateliers représentent une surface au sol de 24 hectares; l'ensemble permet la sortie journalière de 50 R9 et 1300 R11, traitées depuis l'emboutissage de leurs composants jusqu'à leur livraison au service commercial en passant par les stades de l'assemblage, de l'habillage, du montage mécanique et de la finition. Plus de 8000 personnes travaillent à Douai, un lieu de l'automobile où la flexibilité n'est pas un vain mot : ici, les R11, qu'elles soient à 3 ou 5 portes, sont assemblées sur les mêmes lignes de robots que la R9; et cela grâce à un investissement en robotique probablement récupérable pour fabriquer un autre produit, même futur, ce qui réduit largement la facture industrielle liée au lancement d'un modèle. Renault-Douai, avec un haut niveau d'automatisation (125 robots et une gestion informatisée de la production), appartient à une nouvelle génération d'unité de production, et peut compter sur un outil de choix tout au long du processus de fabrication. Ce bond technologique dans les modes de production, avec l'appel massif aux robots, permet, en effet, le respect absolu des cahiers des charges définis par le Bureau d'Etudes, avec, tant pour les R9 que pour les R11, deux préoccupations majeures et liées : l'allègement des produits et la rigidité des habitacles. Avec 125 robots, Renault-Douai se place dans le peloton de tête des constructeurs automobiles mondiaux dans les domaines de la qualité et de la productivité; et pour signifier cette évolution, nous n'avons que l'embarras du choix. Des exemples :

— A l'emboutissage, où toutes les lignes de presses sont équipées de moyens de chargement et de manutention automatiques; ces presses sont également munies d'un système de changement rapide d'outils.

— A la peinture — après traitement cataphorèse — où les mastics d'insonorisation et d'étanchéite sont appliqués sous la caisse au moyen de robots dits «trompe d'éléphant». La carrosserie reçoit ensuite, automatiquement, une couche d'apprêt et deux couches de laque, à l'aide de bols électrostatiques, qui sont complétées par quelques applications manuelles au pistolet.

— Au montage final, où les groupes motopropulseurs sont assemblés sur des chariots filoguidés et dirigés par ordinateur sur les trois lignes de montage carrosserie (dispositif de transport que nous avions déjà rencontré à l'usine de magnétoscopes Philips de Vienne). Le sous-ensemble mécanique est ensuite positionné et fixé automatiquement sur la caisse.

— A la tôlerie, là où les progrès se révèlent vraiment spectaculaires avec l'utilisation d'une très forte densité de robots à 6 degrés de liberté, dotés de leurs propres calculateurs et dont les actions sont coordonnées par des ordinateurs centraux. L'asservissement informatique des transferts de soudage et des convoyeurs d'approvisionnement permet le passage sur la même ligne d'une quinzaine de caisses différentes. Par ailleurs, le pilotage informatisé des lignes de robots de soudure tient compte en permanence des données internes (incidents sur machine par exemple), des informations amont («encours» de pièces) et aval (besoin des chaînes de montage final). Enfin, ajoutons que tous les paramètres de soudure sont dorénavant autorégulés ce qui donne une assurance de qualité des points de soudure bien supérieure à celle de la génération des machines multi-points d'hier.

Une dernière réflexion : à la place des 125 robots, et si l'on suivait la définition japonaise de la robotique, ce sont plus de 700 robots que l'on dénombrerait à l'intérieur même de l'usine de Douai... Rien d'étonnant donc, si, dans ces conditions, le temps de montage des R9 et R11 a été réduit de près de 25% par rapport à celui de la R14, tout en améliorant l'organisation rationnelle des flux de production.

Cette journée de visites, clôturée par une nouvelle rencontre avec le VAL qui nous ramenait en gare de Lille, nous laisse songeur. La robotique, entrée de plain-pied dans la vie scientifique et industrielle, constitue un phénomène irréversible, à la fois parce que la compétitivité se trouve liée à son développement et aussi parce que seul un automate «sait travailler comme un robot», avec toutes les servitudes que cela implique et auxquelles l'homme doit échapper.

(*) Creati : Centre de recherche et d'étude pour l'automatisation des processus et des techniques industrielles.

Ch. Pannel

Notes

ETATS GENERAUX

Il ne s'agit que de ceux de la micro-informatique qui se tiendront du 24 au 28 janvier à la gare de la Bastille et qui ont pour but de tirer au clair les relations entre utilisateurs et professionnels du matériel et du logiciel. Cinq jours d'exposition et de débats aideront sans doute tous ceux qui ont envie de «s'informatiser» à mieux cerner leurs besoins en fonction de leurs objectifs. Organisation : E.G.M.I., 20, bd St-Denis, 75010 Paris. Tél.: 770 38 00.

LES ROBOTS AU MUSÉE !

Selon notre prestigieux confrère «High Technology» (novembre 83) le musée des Sciences de Palm Beach s'est offert un robot-guide (de musée) créant à lui seul un événement dans le temple même de ce qui l'a rendu possible. «Sir Plus», tel est le nom de ce guide qui fait la joie des enfants et des adultes, est équipé «d'yeux» à ultrasons et suit son chemin — en partant de la porte d'entrée — constitué d'un ruban d'aluminium disposé sur le sol. Il renferme deux magnétophones assurant son contrôle et sa fonction «explicative», et un système de sécurité à toute épreuve, sa forme de cône renversé pouvant faire croire, à certains, qu'on peut jouer à saute-mouton avec lui. Il paraît que depuis sa mise en service les records d'affluence au musée sont battus : à bon entendeur, salut !

BONNE COMPOSITION

Pour mémoire, sachez que le Salon International des Composants 83 qui s'est tenu à Villepinte du 14 au 18 novembre a rassemblé

1308 exposants dont 739 étrangers venant de 31 pays. Quant aux visiteurs ils furent 48.750 dont 12% d'étrangers. Les principaux secteurs d'activité de ces visiteurs sont l'Informatique (16,7%), les Télécommunications (14,6%) l'Automatisation (13,7%), la Mesure (11,5%) et l'Aéronautique (10,4%). Le prochain Salon des Composants se tiendra au même endroit du 4 au 8 novembre... 85. Entre temps, du 20 au 23 novembre 84, aura eu lieu le 1er Salon International Pronic 84. SDSA : 20 rue Hamelin, 75116 Paris. Tél. (1) 505.13.17. •

MICRO FM

Ce n'est plus une avant-première : les radios FM se mettent à la micro-informatique. Les unes émettent des programmes, les autres traitent d'un sujet magazine chaque soir. Citons, pour l'exemple, Radio Angora à Bordeaux (100,7 MHz) qui, depuis le 12 novembre, réalise «Interface» une émission abordant chaque semaine des thèmes comme la revue de presse micro, la vie des clubs, tout sur le logiciel de la semaine, etc. Dans la capitale «95,2», la radio FM «proche» d'Europe n° 1, consacre tous les soirs de la semaine 20 minutes à la micro sur un ton chaleureux et pour le moins détendu. Ainsi, «95,2» a consacré une émission sur le robot «Héro 1» qui a fait l'objet de la couverture de notre premier numéro. Quant à Radio TSF (93 MHz, située à Bobibny) elle offre, tous les jours de la semaine entre 9 h et 11 h 30, une émission très éclectique — La Squadra Matinale — consacrée aux technologies nouvelles, à la communication, à la vulgarisation technique, etc. Tout cela sur le ton qu'il faut : l'humour, dans tous les cas, y trouve son compte.

ROBOTIQUE ET CHOC... DES PHOTOS

Destiné aux organismes de formation afin d'expliquer ce qu'est la robotique industrielle et pour l'illustrer, l'AFRI a conçu un diaporama de 80 images accompagnées de 100 pages de définitions et commentaires sur «Les Robots et leurs Applications». Cette importante introduction didactique sur la technique des robots ainsi que ses applications opérationnelles dans l'industrie française remporte déjà un vif succès. Pour tous renseignements : AFRI, (1) 547.69.33.

DU SON DANS L'IMAGE

Du 11 au 18 mars 84, la Musique (Hi-Fi, Audio grand public, Electro-acoustique), la Vidéo (Matériels, Systèmes et Programmes), L'Electronique de Loisirs, les jeux, l'Informatique domestique et le Radio-guidage se regrouperont au sein du Salon International «Son et Image» qui se tiendra pour la première fois au Palais du CNIT (Paris La Défense). En outre deux grands prix Vidéo Amateurs sont organisés à cette occasion. Les 3 premières journées sont réservées aux professionnels. Renseignements : SDSA, 20 rue Hamelin, 75116 Paris. Tél. (1) 505.13.17.

SERVEUR, L'ADDITION!

La grande aventure du vidéotex et des «Minitel» vient à peine de démarrer que, déjà, les centres serveurs vous proposent leurs... services. G-CAM, filiale de la Caisse des Dépôts et Consignations, vous en propose de multiples : la construction et la gestion de vos propres bases, l'accès à des bases telles que celles de l'INSEE, du BIPE, de l'AFP, ou de la Chambre de Commerce et d'Industrie de Paris. De plus G-Cam est spécialisée dans la gestion de fichier (vous pouvez lui confier les vôtres) et dans les chaînes d'édition d'adresses routées et même du routage. Renseignements : G-CAM, 990.54.70.

BASIC AUX CHAMPS!

C'est à Figéac que la société Soft Vert organise jusqu'en février, en privilégiant les périodes de vacances, des stages d'initiation sur Apple II et II E. Ces cours se divisent en deux thèmes : Initiation Basic, 30 heures en 6 jours (1800 F) et D.O.S. Fichiers, 18 heures en 3 jours (1300 F). Pour ne plus s'aérer idiots! Renseignements : Soft Vert (65) 34.42.67.

LOGICIELS (... Mon mari!)

Jusqu'au 1er mars 84, les clubs informatiques des établissements scolaires peuvent participer à un concours de logiciels éducatifs. Organisé par la Fédération ADEMIR, sous le patronage du ministère de l'Education nationale, ce concours est ouvert à tout club d'élèves. Un seul logiciel par établissement peut être présenté et devra avoir un objectif pédagogique qui sera exposé dans le dossier de candidature que l'on peut retirer à la édération des clubs ADEMIR, 9 rue Huysmans, 75006 Paris. Le jury, composé d'enseignants spécialisés, d'informaticiens, d'un animateur et d'un élève, appréciera les logiciels en fonction de leur originalité, leur interactivité, leur qualité de réalisation, leur qualité en documentation, leur attractivité, leur facilité d'utilisation et leur qualité informatique. Enfin, les prix accordés seront des ... micros, des... logiciels et des abonnements à différentes revues (Micro et Robots?).

COUP DE POUCE

Si vous avez une idée originale dans le domaine de l'informatique ou de la robotique, si vous avez développé une interface, des logiciels, que vous soyez simple particulier ou chef d'entreprise, que vous cherchiez un partenaire ou un débouché commercial, écrivez-nous. Si vos idées nous intéressent, nous ne manquerons pas d'y consacrer un article ou un reportage, espérant ainsi vous donner un «petit coup de pouce». Alain Garcia

URGENT...

Connaissez-vous Jamestown, New York Area? Non! Peut-être que le TRS-80 Model 100 vous en dit plus? Le rapport entre cette noble et calme cité et ce micro se nomme Mr. Bonadonna, le directeur de Chatauqua County Ambulance Service. Si vous ête un patient à risque, cardiaque ou autre, et que cette compagnie d'ambulance sévit dans votre quartier, sachez qu'il vaut mieux prévenir Mr. Bonadonna des spécificités de votre santé. Pourquoi? Simplement parce que les ambulances de cette compagnie sont toutes équipées d'un micro TRS-80, installé sur le tableau de bord et que, sur la route qui vous conduit aux premiers soins, les ambulanciers interrogent leur micro pour avoir des informations sur vos problèmes de santé. Pour les personnes à haut risque, un historique médical complet est à dispositon des premiers secours, pour peu que, comme plus de 1000 patients, vous ayez déjà été client de la compagnie ou que vous ayez envoyé des informations au préalable.

LES JEUX DE LA GUERRE

La sortie du film «Wargames» ne pouvait mieux tomber! Petits chenapans, ne jouez pas à l'apprenti sorcier, et puis, cessez de pirater le Big-Brother du Pentagone quand je parle!
Dans les High Schools américaines, c'est devenu un vrai sport que de décoder les clés des jeux vidéo et d'en faire des copies pour offrir à ses fiancées. La faute à qui? A force de les laisser toucher aux boutons, les chères (grosses) têtes blondes frisent la délinquance de haut «vol» ... Les voilà-t-y pas qui s'attaquent aux ordinateurs des banques grasseillantes, gonflées de billets verts! Le remède? Ben... maintenant qu'ils savent user et abuser des systèmes informatiques, il ne reste plus qu'à les sensibiliser aux problèmes du piratage, à leur inculquer les notions d'éthique, de secret de la «Private Life», etc.

WARGAMES... (SUITE)

Plus jamais ça! La société Cortical France vient de présenter le «Logimètre», un système physique de protection — fiable, économique et universel — de logiciel. Se présentant dans un petit boîtier à alimentation intégrée, il se connecte sur un port RS 232. Ce système de protection fonctionnne quel que soit le langage utilisé, il autorise les sauvegardes mais pas les copies. En plus de sa fonction protectrice, le Logimètre introduit le concept de mesure d'utilisation. Ainsi, dans le cas de logiciel onéreux, le client n'achètera pas ce dernier mais un certain nombre d'utilisations de celui-ci. Renseignements : Cortical France : (1) 747.93.03.

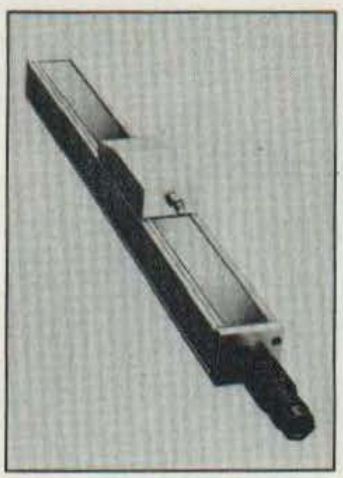
Composants

TEXAS INSTRUMENTS : LES 7000

Avec une expérience de 80 millions de microcalculateurs 4 bits TMS 1000 vendus, Texas Instruments lance une nouvelle série de microcalculateurs, cette fois à 8 bits. La microprogrammation permet aux utilisateurs de personnaliser les jeux d'instructions et d'accroître la vitesse d'exécution tout en réduisant l'encombrement mémoire. La topologie en bande procure une réduction sensible de la taille de la puce et autorise l'introduction rapide de nouveaux produits dans la gamme 7000. Plus de 10 variantes de l'architecture de base sont disponibles avec, notamment, des CMOS dont la consommation, en mode interruption, n'est que de 25 μW.

SFERNICE : TRANSDUCTEUR LINEAIRE

Les capteurs linéaires potentiomètriques utilisent le plus souvent une structure coaxiale et le curseur se déplace, mû par une tige sortant d'une extrémité. Ici, Sfernice introduit un système s'apparentant aux potentiomètres linéaires utilisés en audio, ce qui réduit par 2 la longueur du capteur. A sa partie supérieure, là où coulisse le curseur, se trouve un film métallique chargé de la protection de la piste contre les poussières ; ce film passe entre les rouleaux du curseur pour dégager le passage de celui-ci...
La piste plastique permet d'offrir une linéarité atteignant 0,02%.



MAATEL : CARTES G 64

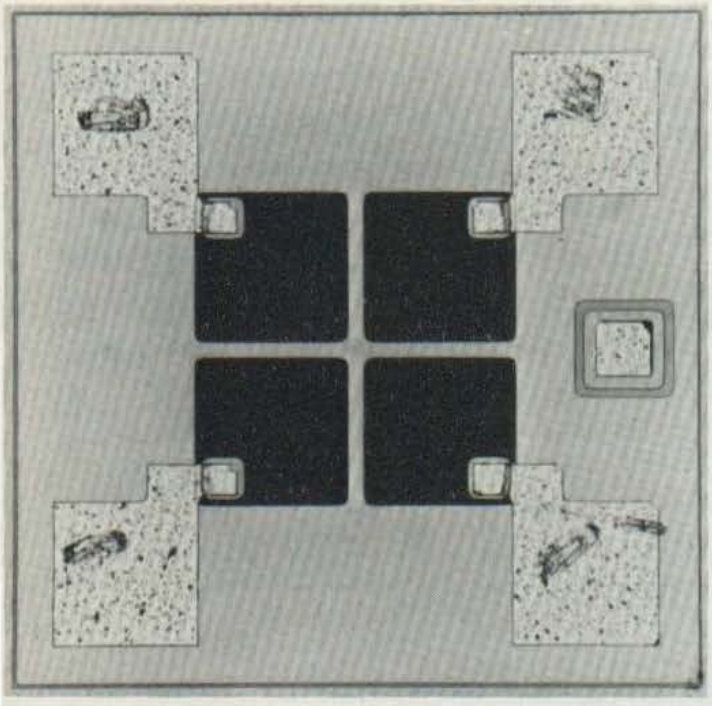
La société Maatel propose des cartes pour bus G 64, cartes destinées aux applications industrielles des microprocesseurs. La carte G 64 peut commander 3 moteurs pas-à-pas avec un courant, par sortie, de 400 mA. Chaque carte comporte un 6805 associé à une EPROM pour la programmation des courbes d'accélération et une RAM pouvant accueillir les données de commande et de modification des paramètres de fonctionnement. Le panier peut recevoir 6 cartes ce qui autorise une commande sur 18 axes.
Maatel propose également une carte de génération de caractères d'une taille inhabituelle pour un système informatique. Il s'agit ici de transformer un moniteur couleur en tableau de contrôle couleur et industriel que l'on doit pouvoir lire sans loupe. Cette technique permet de produire des afficheurs spécifiques adaptés à une utilisation par des non-informaticiens.
L'évolution future de ce système, c'est bien sûr le clavier intelligent. Un clavier souple et transparent se colle sur l'écran du moniteur, chaque touche pouvant ainsi servir à de multiples fonctions, la configuration du clavier étant modifiée par le logiciel.

FAIRCHILD : CCD + PROCESSEUR

Fairchild travaille depuis longtemps dans le domaine des éléments CCD et offre toute une panoplie de détecteurs linéaires complétée d'un détecteur rectangulaire adapté au système NTSC (525 lignes). La caméra CCD 3000 est équipée d'un détecteur solide de 488 x 380 éléments ; sa tête compacte peut être éloignée de quelques mètres du corps de la caméra, par exemple pour un montage en bout de bras d'un robot. Cette tête reçoit des objectifs standard en monture C. Une autre version, la CCD 4000, dispose d'un senseur 256 x 256 éléments ; quant à la 3001, elle a reçu un intensificateur de lumière. La carte VIP 100 (une interface de vision) reçoit le signal analogique vidéo et assure son traitement à partir d'un microprocesseur 16 bits à grande vitesse. La capacité de la mémoire vive atteint 24 k mots celle de la mémoire EPROM 16 k mots. Le constructeur prépare en outre, de nouveaux circuits CCD de grande diffusion où les photodiodes sont remplacées par des phototransistors Mos : en 84 les premières matrices devraient être disponibles pour l'équipement de caméras couleur grand public, de visiophones et aussi d'appareils photo-magnétiques, ceux que l'on attend depuis longtemps. Enfin, Fairchild travaille également sur la réponse spectrale des capteurs ce qui devrait conduire à des capteurs CCD infra-rouge.

SIEMENS : PHOTO-DETECTEURS SUR MESURE

Siemens propose aux utilisateurs de détecteurs photo-sensibles multiples de réaliser leur propre structure à partir de substrats carrés ou rectangulaires de 0,5 x 0,5 à 10 x 10 mm et de 1,05 x 1,55 à 10 x 20 mm de côté. Chaque chip pourra recevoir divers éléments interconnectés entre eux : ils seront livrés nus sur platine dans un délai de 8 à 12 semaines suivant la disponibilité des éléments choisis. La fabrication en série des chips montés sur platine prend ensuite de 3 à 6 mois, le client a à sa disposition avant la série, des échantillons de laboratoire pour essais du produit.



SILEC : CONTROLEUR DE ROTATION

Cet appareil permet de contrôler des éléments mécaniques tournant à basse vitesse (moins d'un tour par minute à 9999 tours par minute). La prise de mouvement s'effectue par un capteur de proximité détectant des pièces montées en saillie sur l'élément à contrôler. Tous les réglages ou programmations avant mise en service s'effectuent, en clair sur la face avant, par positionnement de cavaliers sur matrices : vitesse, hystérésis, inhibition au démarrage, régime de contrôle (sur-vitesse ou sous-vitesse), mémorisation du défaut. Grâce à sa technologie à microprocesseur, cet appareil confère une très grande précision de contrôle par rapport au seuil affiché. Le contrôleur permet, outre le mouvement de rotation, de contrôler tout mouvement périodique ou le défilement d'objets en déplacement linéaire à vitesse uniforme. En option, un afficheur 4 chiffres à cristaux liquides, enfiché sur la face avant du contrôleur permet de mesurer la vitesse de rotation, transformant l'appareil en tachymètre. Alimentation : 110/220 V CA - 24/48 CA - 24/48 CC. Signal de sortie sur relais à un contact. Boîtier plastique DIN, fixation sur profilé normalisé.

SPRAGUE : CAPTEURS OPTIQUES DE PRECISION (COP) ULN 3310

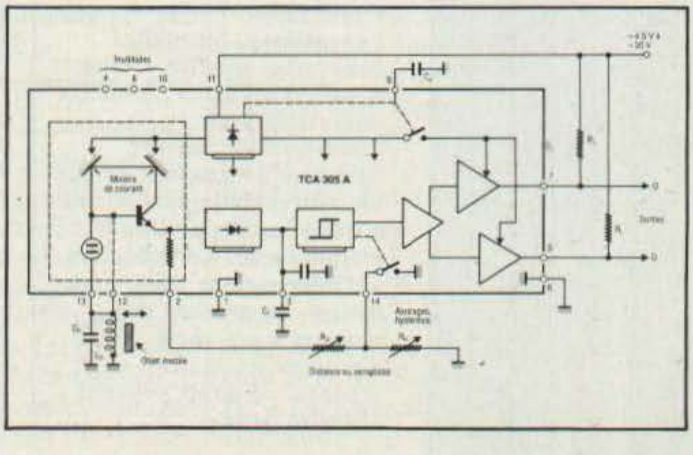
Le COP se compose d'une photodiode et d'un amplificateur de courant calibré. Il délivre un courant proportionnel à l'éclairement qu'il reçoit. Chaque COP est calibré en fabrication à 40 mA pour un éclairement de 100 $\mu W/cm^2$. Trois boîtiers adapteront le composant à diverses utilisations : deux sont de type plastique (plat et carré ou type TO 92), l'autre, métallique, est un genre TO 18 avec lentille d'extrémité.

ITT : COMMANDE INCRÉMENTALE

Le BG 40 d'ITT se présente comme un commutateur rotatif. Il délivre deux séries d'impulsions déphasées de 90° l'une par rapport à l'autre et peut incrémenter ou décrémenter le contenu des registres de sortie d'un compteur/décompteur. Son axe monté sur roulement à bille, et doté d'un volant d'inertie, facilite les mouvements importants ; un indexage magnétique rend plus aisé le réglage final. Le système génère 50 impulsions par tour à partir d'une roue dont les dents se déplacent entre une photo-diode et un photo-transistor.

SIEMENS TCA 305 : DETECTEUR DE PROXIMITE

Siemens produit depuis plusieurs années déjà un détecteur de proximité TCA 205A. Le TCA 305 est une version reprenant son brochage mais avec une consommation réduite à moins de 1 mA. Son principe de fonctionnement est celui d'un oscillateur LC dont on amortit les oscillations par l'approche d'une pièce métallique de l'inductance. La distance de détection varie, d'un échantillon à l'autre, de moins de 5%. Le 305 bénéficie d'une plage de fonctionnement de − 25 à + 85°, d'une temporisation à la mise sous tension, de sorties à collecteur ouvert pouvant débiter 25 mA. La faible consommation facilite l'exploitation par un système à 2 fils.



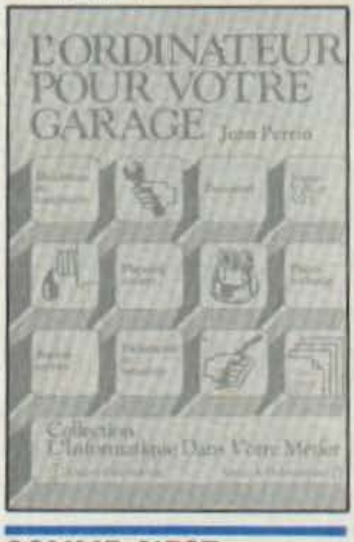
A lire

VOS PAPIERS !

Savez-vous que quinze mois après sa sortie le ZX 81 fut vendu en France à 100.000 exemplaires ? D'où, bien sûr, une littérature abondante et souvent originale sur cette petite machine toujours actuelle. «Passeport pour ZX 81» écrit par Claudy Galais, édité aux Editions ETSF (collection Poche Informatique n° 6) vous permettra de vous servir immédiatement du Basic. Toutes les fonctions, instructions et commandes du ZX 81 sont présentées ici par odre alphabétique. Par page vous trouverez le mot-clé, la traduction Anglais/Français, l'utilisation, un exemple de programme, une explication détaillée. Que vous soyez débutant ou déjà rompu au Basic, ce livre intelligemment conçu vous fera plus encore apprécier votre ZX 81 (144 pages, 39 F).

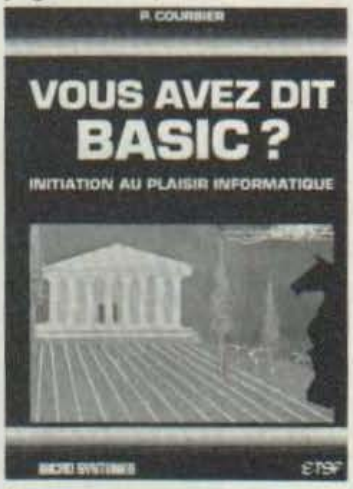
AU GARAGE

Les artisans, les petites entreprises constituent, on le sait, des clients potentiels importants pour l'informatique, encore faut-il qu'ils trouvent en elle un outil parfaitement adapté à leurs besoins et d'un emploi facile. La collection «L'informatique dans votre métier» se propose de montrer à ces chefs d'entreprises, à ces artisans, ce qu'ils peuvent attendre de la micro-informatique tant au plan des avantages qu'elle entraîne qu'au plan des contraintes qu'elle implique éventuellement. Le premier livre de cette collection — L'informatique pour votre garage — s'adresse aux professionnels de l'automobile : comment gérer ses stocks, comment facturer, etc. ne sont que quelques unes des questions qui trouvent réponses dans cet ouvrage très explicite se divisant en une dizaine de chapitres dont certains, plus spécialisés, traitent des problèmes particuliers aux ateliers de carrosserie et de mécanique, à la vente de voitures neuves et d'occasion, à la station-service. Les prochains titres à paraître seront dédiés aux restaurateurs, aux professionnels du bâtiment, aux dentistes et aux avocats. «L'ordinateur dans votre garage» par Jean Perrin, 250 pages, 116 francs en vente par correspondance aux Editions d'Informatique, MLI Diffusion, 54, rue de Bourgogne, 75007 Paris.



COMME C'EST BIZARRE !

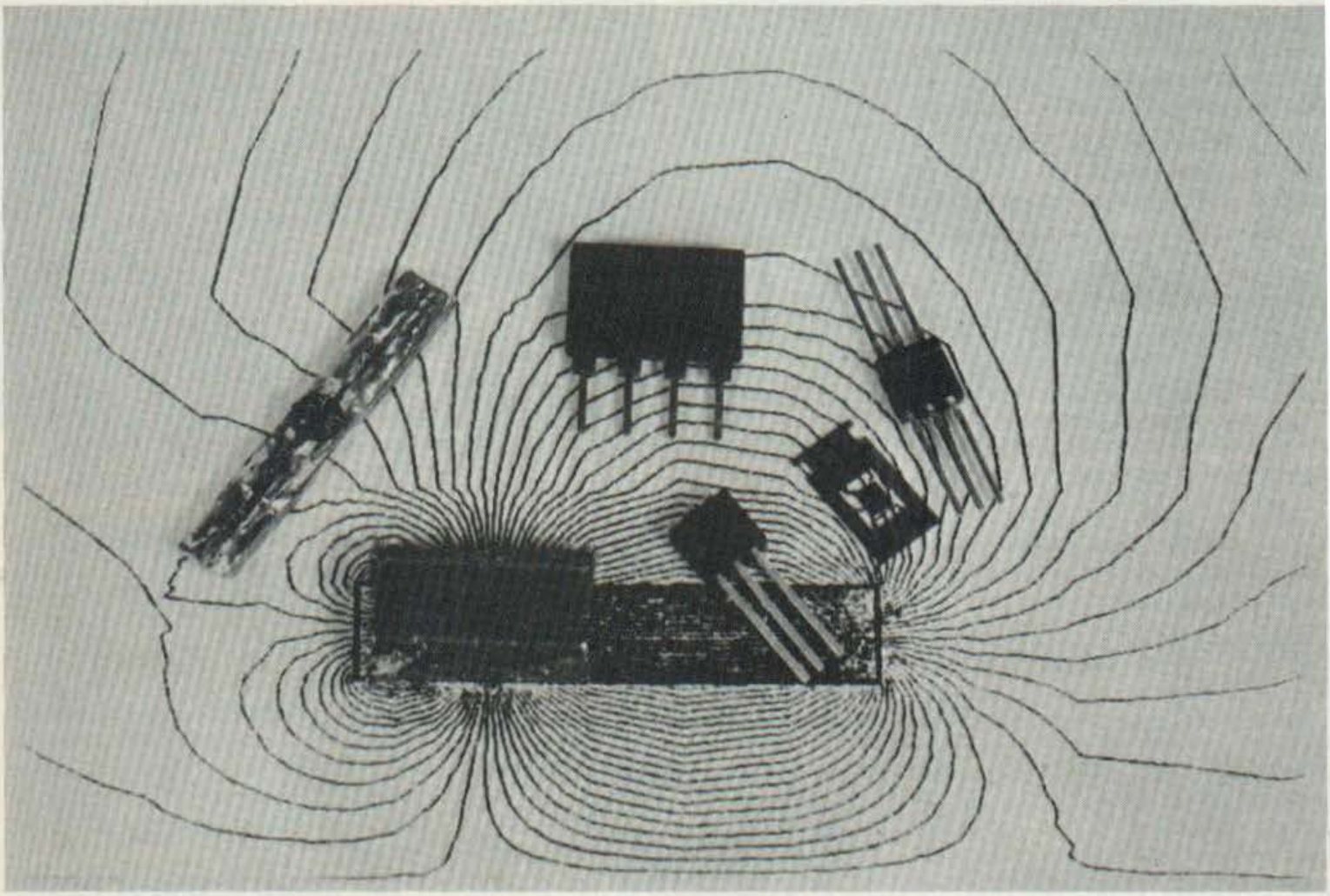
«Vous avez dit Micro ?» ou les bases pour bien programmer, tel est le livre que Martine Lemarchand propose aux Editions Technique et Scientifiques Françaises dans la collection Micro-Systèmes. Profanes et informaticiens amateurs trouveront ici les réponses simplement exposées aux questions qui souvent barrent la route d'accès à la compréhension et aux menus plaisirs de l'informatique.
Raisonner comme un ordinateur, commencer à programmer, perfectionner ses connaissances, analyser un problème, élaborer un organigramme, réaliser un programme en Basic et le mettre au point : voilà le menu que ce livre clair et illustré vous offre (224 pages : 89 F).



GUIDES PRATIQUES

Pou un prix modique (25 F) les jeunes, ou tout simplement les curieux, pourront avoir un aperçu de ce que peut recouvrir la micro-informatique, le langage Basic, etc. Dans la collection «Echos Electronique» Hachette Jeunesse diffuse des ouvrages faciles à lire, abondamment illustrés, à vocation essentiellement initiatique. Trois ouvrages à retenir : «Introduction à la micro», «Comment jouer avec son ordinateur» et «Guide pratique du Basic».

DETECTION DE CHAMP MAGNETIQUE



Un capteur magnétique réagit en fonction de l'intensité d'un champ continu ; traversé par un flux magnétique, il délivre une tension proportionnelle à ce flux, tension exploitable par un système électronique analogique ou numérique. Deux types de générateurs sont aujourd'hui proposés, l'un à effet Hall, l'autre à effet magnéto-résistif. Ces composants se présentent sous diverses formes et se prêtent à de multiples utilisations dans l'industrie, l'automobile et, bien sûr, la robotique.

L'effet Hall

L'effet Hall, comme d'ailleurs celui, dérivé, d'effet magnéto-résistif naît des lois de l'électrodynamique. Des charges mobiles placées dans un champ magnétique sont soumises à une force appelée force de Lorentz. Sous son action, les électrons changent de trajectoire et modifient le comportement du conducteur qui les transporte. Lorsqu'un ruban conducteur est soumis à un champ magnétique perpendiculaire à sa surface, le flot d'électrons est dévié vers un côté (figure 1). La concentration en électrons crée un champ électrique perpendiculaire à la fois au champ et au sens de déplacement des électrons.

Ce champ électrique produit une tension électrique entre les deux côtés du ruban, tension appelée tension de Hall, du nom du physicien E.H. Hall qui découvrit cet effet à l'Université John Hopkins de Baltimore en 1879 (il y a plus de

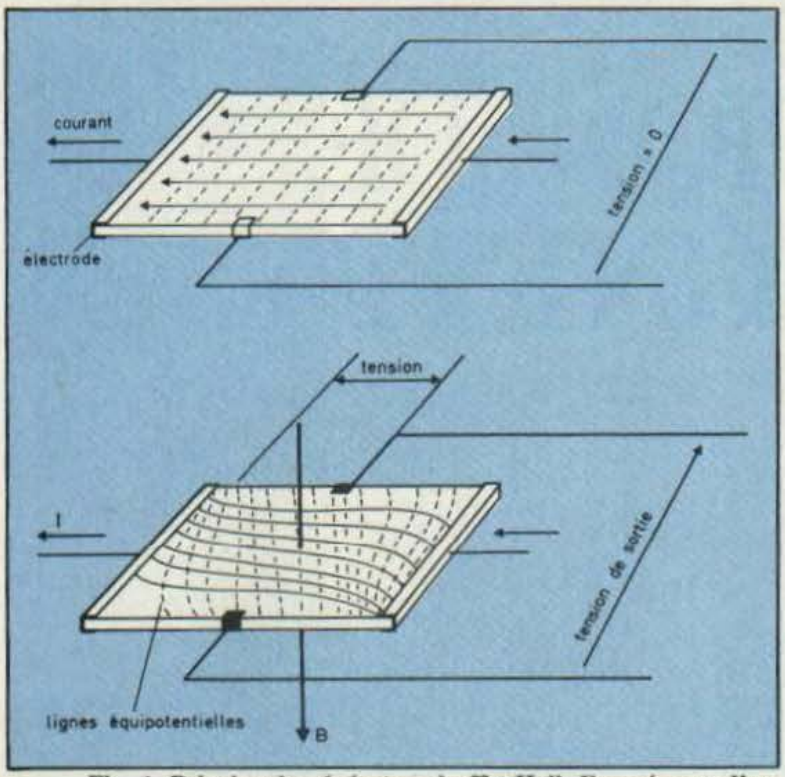


Fig. 1. Principe du générateur à effet Hall. En présence d'un champ magnétique le courant est dévié et, du coup, les électrodes de sortie ne se trouvent plus sur des équipotentielles.

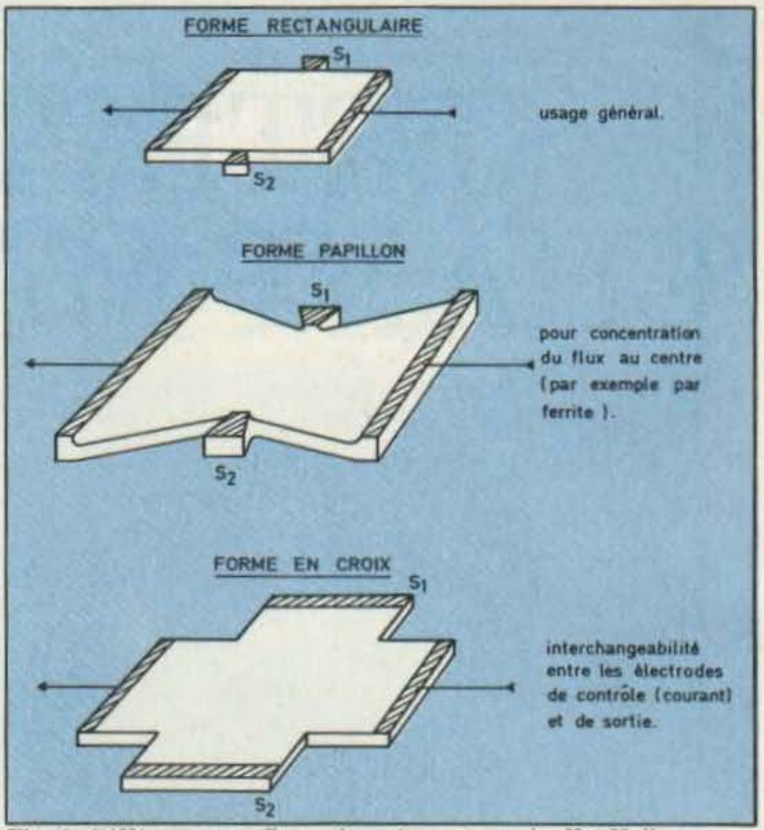


Fig. 2. Différentes configurations de capteurs à effet Hall.

100 ans !). Cette tension de Hall existe dans tout conducteur soumis à un champ magnétique mais, comme les conducteurs usuels sont petits et que la vitesse de déplacement des électrons est relativement faible, cette tension n'est en général pas mesurable.

Les premières applications pratiques de l'effet Hall viennent de la production de matériaux semi-conducteurs dans lesquels la conduction est due, non à nombre élevé d'électrons relativement lents mais à un nombre réduit d'électrons rapides. Dans ces conducteurs, la tension de Hall peut atteindre plusieurs centaine de millivolts contre quelques nanovolts dans un métal.

Les générateurs de Hall sont constitués de divers matériaux comme l'antimoniure d'indium, l'arséniure d'indium ou de gallium.

Le capteur à effet Hall se présente avec des formes variées d'éléments sensibles. La figure 2 donne plusieurs configurations, adaptées à diverses fonctions.

Deux électrodes servent à injecter le courant dont les électrons seront déviés, deux autres recueillent la tension de Hall : un générateur à effet Hall comportera donc 3 ou 4 fils. Le générateur peut être fabriqué par découpe et gravure de barreaux de matériau semi-conducteur ou par évaporation sous vide, directement sur le support, ce qui permet d'obtenir une couche d'une épaisseur de 2 à 3 μm contre 5 à 100 μm dans le cas précédent. Les éléments à effet Hall déposés sous vide, s'adaptent aux applications à basse ou très haute température : couchés sur un support bon conducteur thermique, ils peuvent supporter un courant relativement important.

Les capteurs à effet Hall prennent place dans des dispositifs de mesure de champ magnétique (leur petite taille leur laisse la possibilité de s'introduire dans des entrefers étroits), permettent de pratiquer la «cartographie» magnétique, etc. Ils nécessitent souvent des compensations de température, notamment quand ils sont traversés par un courant pouvant élever la température du composant d'une dizaine de degrés. L'environnement peut aussi entraîner des variations thermiques importantes (dérive du zéro et aussi du gain), ce qui ne simplifie pas leur mise en œuvre.

Pour faciliter l'exploitation de ces composants, divers fabricants proposent un élément à effet Hall inclus dans un circuit intégré et couplé à un amplificateur différentiel. L'intégration du capteur et de ses périphériques permet de compenser les variations thermiques du capteur, par exemple par intervention sur le courant de commande, la tension de sortie étant proportionnelle à ce courant.

Les circuits intégrés à effet Hall

Deux types de circuits intégrés à effet Hall sont actuellement produits en série : les circuits tout ou rien et les circuits linéaires.

La figure 3 donne l'organisation d'un circuit à effet Hall ; qu'il soit de type tout ou rien, ou linéaire, sa structure est presque la même.

Nous trouvons toujours le générateur à effet Hall, dont le courant est commandé par le régulateur de tension tandis que les sorties du générateur attaquent les entrées d'un amplificateur opérationnel. Der-

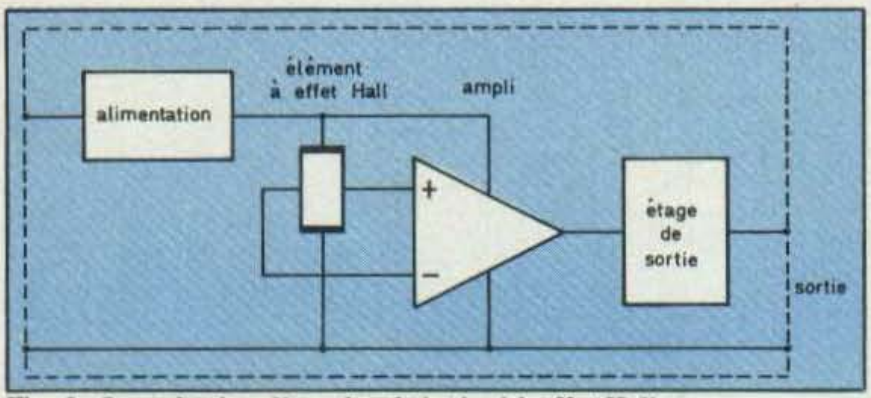


Fig. 3. Organisation d'un circuit intégré à effet Hall.

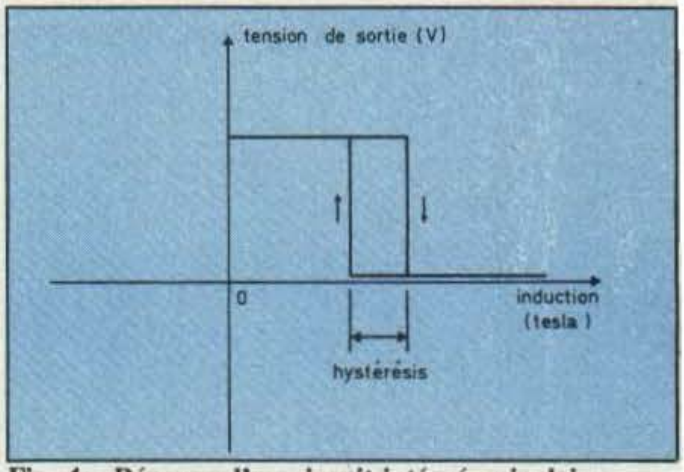


Fig. 4a. Réponse d'un circuit intégré unipolaire.

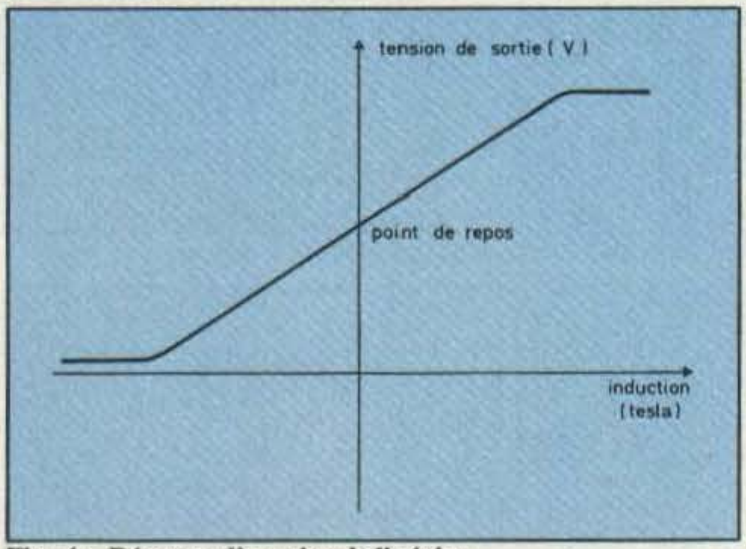


Fig. 4c. Réponse d'un circuit linéaire.

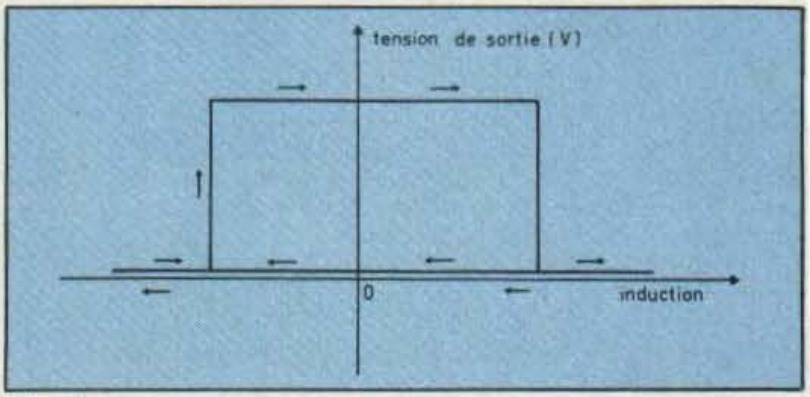


Fig. 4b. Réponse d'un bipolaire.

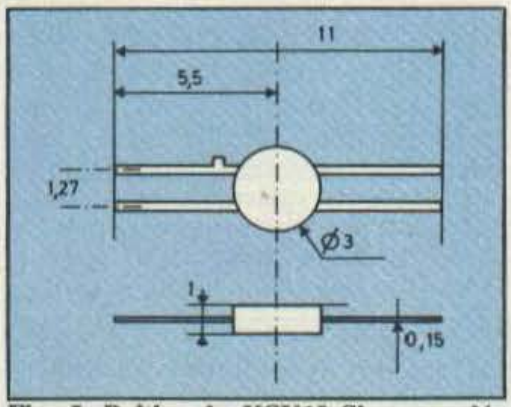


Fig. 5. Boîtier du KSY10 Siemens, détecteur à arseniure de gallium.

rière cet amplificateur, un circuit de mise en forme assure un hystérésis évitant un déclenchement par une tension alternative, qui serait engendrée par un rayonnement magnétique externe et se superposerait à la tension produite par le champ continu et variable.

Un ou deux circuits de sortie peuvent commander un organe externe, certains des circuits tout ou rien disposant d'un générateur d'impulsions interne produisant un signal fugitif et calibré.

Le circuit linéaire se distingue par l'absence de circuit de mise en forme à hystérésis ; il comporte, en revanche, des bornes pour un réglage du zéro et éventuellement du gain.

Parmi les circuits intégrés à effet Hall tout ou rien, on fera une distinction entre les unipolaires et les bipolaires.

Le circuit intégré unipolaire réagit à l'augmentation d'un champ magnétique, ce dernier ayant une polarité donnée : on approche, par exemple, un aimant du circuit et à une certaine distance, fonction du circuit et du flux, la sortie change d'état. En éloignant l'aimant du circuit intégré, ce dernier repasse à son état normal.

Le circuit bipolaire travaille différemment ; en effet, en approchant l'aimant du circuit intégré, la sortie basculera mais en l'éloignant, elle restera dans cet état. Pour assurer le retour à l'état initial, on doit présenter au circuit intégré le pôle opposé de l'aimant. Ce type de capteur ouvre d'autres utilisations des commandes magnétiques.

Les boîtiers

Certains fabricants s'inspirent des boîtiers de circuits intégrés de type DIL 8 ; ce type de boîtier ne permet pas d'introduire l'élément dans un entrefer étroit. On l'utilisera donc pour un aimant de taille relativement importante.

Nettement plus intéressants sont les boîtiers plats à 3 ou 4 sorties, situées du même côté. La minceur du boîtier autorise une installation dans un entrefer relativement étroit (on doit tout de même tenir compte de la mécanique associée).

Ce type de boîtier est très utilisé pour la confection de touches de clavier sans contact où l'on cherche à limiter le coût. La possibilité d'installation dans un entrefer permet d'envisager l'emploi d'aimants peu puissants, par exemple en matière plastique ou en caoutchouc à charge de poudre magnétisable.

Pour des applications industrielles, on peut également trouver des systèmes de fourchette (comme le HZK 101 de Siemens) adaptés aux environnements difficiles. Ces systèmes comportent un aimant de polarisation, opposé, dans la four-

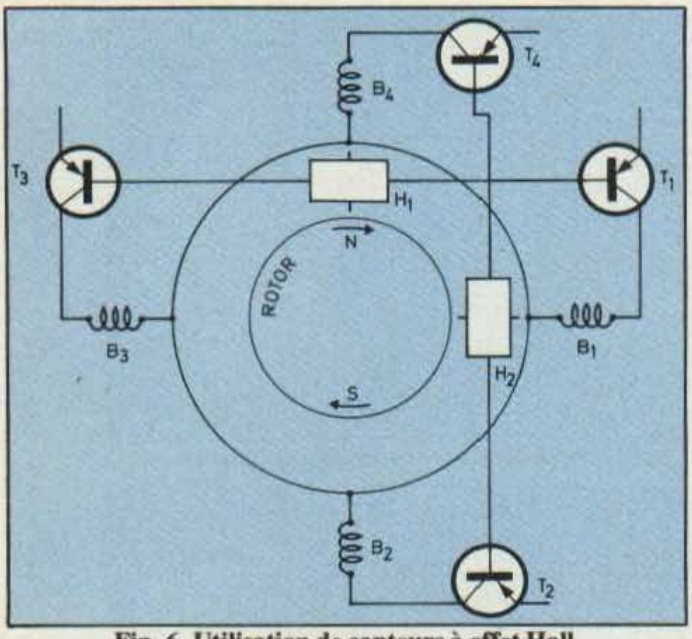


Fig. 6. Utilisation de capteurs à effet Hall pour la commande des bobinages d'un moteur.

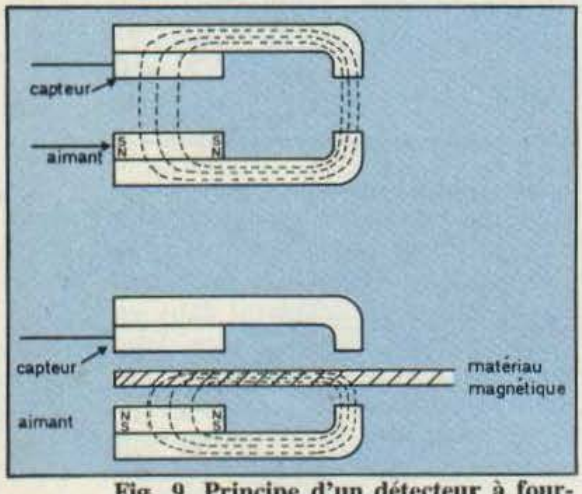


Fig. 9. Principe d'un détecteur à fourche : le matériau magnétique détourne le flux dans l'entrefer.

chette, à un capteur à effet Hall. L'introduction d'une plaque magnétique dans l'entrefer déclenche l'impulsion de sortie.

Application des capteurs à effet Hall

Nous ne parlerons que brièvement de l'emploi des capteurs à effet Hall pour la mesure de champs magnétiques. Le capteur doit être étalonné et associé à divers éléments de compensation en température.
Les capteurs spécialisés dans la mesure coûtent relativement cher, et leur prix n'a rien à voir avec celui des éléments à usage industriel.

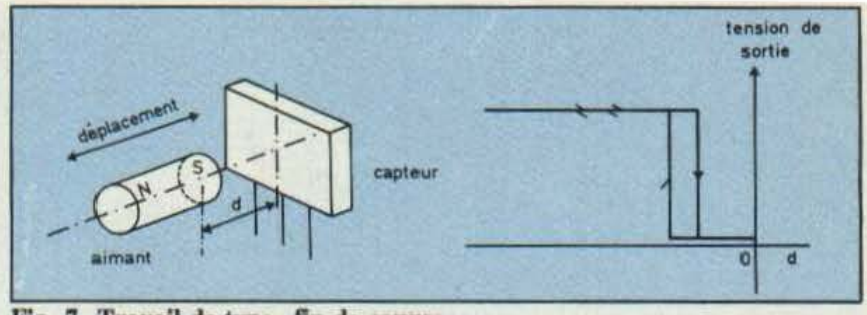


Fig. 7. Travail de type «fin de course».

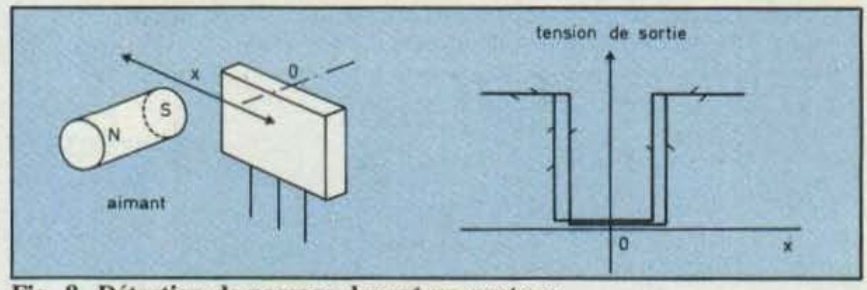


Fig. 8. Détection de passage devant un capteur.

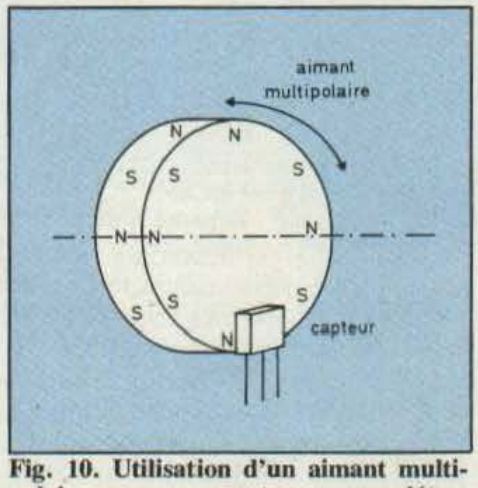


Fig. 10. Utilisation d'un aimant multipolaire pour un comptage ou une détection de mouvement.

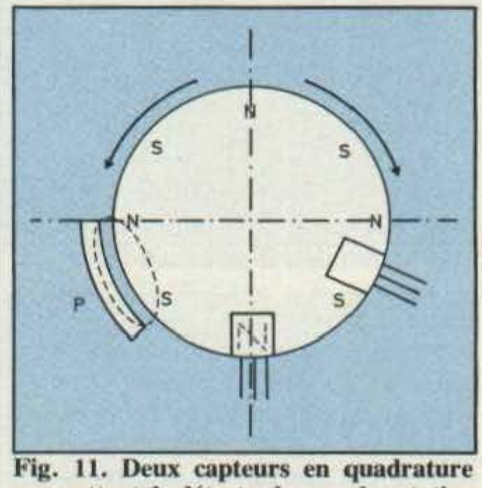


Fig. 11. Deux capteurs en quadrature permettent de détecter le sens de rotation et de compter les pôles. La plaquette P donne une impression tactile de plots.

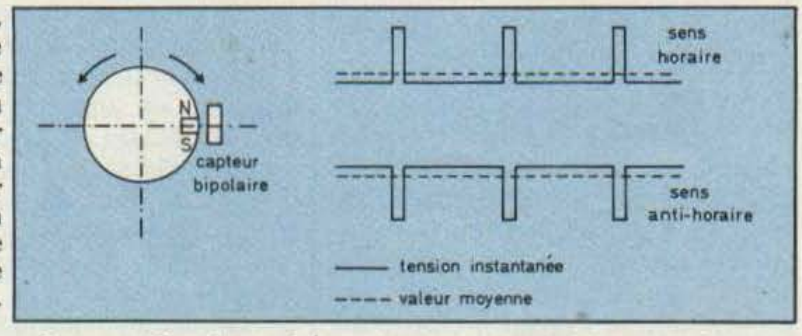


Fig. 12. Détecteur de sens de rotation à capteur bipolaire. La valeur moyenne de la tension donne le sens de rotation.

L'une des premières applications, à grande échelle, du capteur à effet Hall concerne la fabrication de moteurs à courant continu sans collecteur (figure 6). Le rotor, constitué d'un aimant multipolaire tourne devant une paire de capteurs à effet Hall commutant directement les transistors chargés par les enroulements des bobinages. Ce type de moteur équipe bon nombre de magnétoscopes, de tourne-disques, de magnétophones. Une génératrice tachymétrique associée se charge de l'asservissement de vitesse; on peut également, pour cette fonction, exploiter le signal de sortie du générateur à effet Hall.

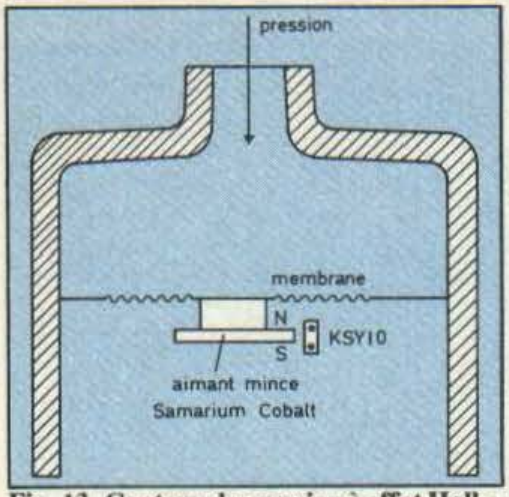


Fig. 13. Capteur de pression à effet Hall : l'aimant mince autorise la détection d'un très petit mouvement.

Passons maintenant à la catégorie suivante, celle des capteurs à circuit intégré tout ou rien. Le capteur détectera l'approche d'un aimant arrivant devant lui ou latéralement (figures 7 et 8).

Ce capteur, sera installé dans une fourchette, par exemple pour la confection d'une touche sans contact et, surtout, sans rebondissement (figure 9). Autre application : un capteur placé devant un aimant multipolaire assurera le comptage du nombre de tours : avec deux aimants placés en quadrature, on détectera le nombre de pôles et aussi le sens de rotation. Dans un moteur thermique, un circuit à effet Hall détectera la position du distributeur et commandera l'allumage électronique (le capteur à effet Hall peut travailler dans un milieu poussiéreux, là où un capteur optique risque de mal fonctionner comme en automobile).

En figure 12, nous voyons un capteur bipolaire utilisé pour une détection de sens de rotation. L'aimant a une taille très faible par rapport à la circonférence du disque : le dernier pôle passé devant le capteur bipolaire détermine la tension de sortie pour la majorité du cycle de rotation ; en détectant la valeur moyenne, on obtiendra une information concernant le sens de rotation.

Sur la figure 13, nous trouvons une utilisation du capteur à effet Hall pour une mesure de pression. Ici, le capteur de très petite taille est un KSY 10. On peut, dans ce cas, détecter des mouvements de très faible amplitude (quelques dizièmes de millimètre) et, en utilisant une capsule anéroïde, on réalisera un baromètre ou un altimètre.

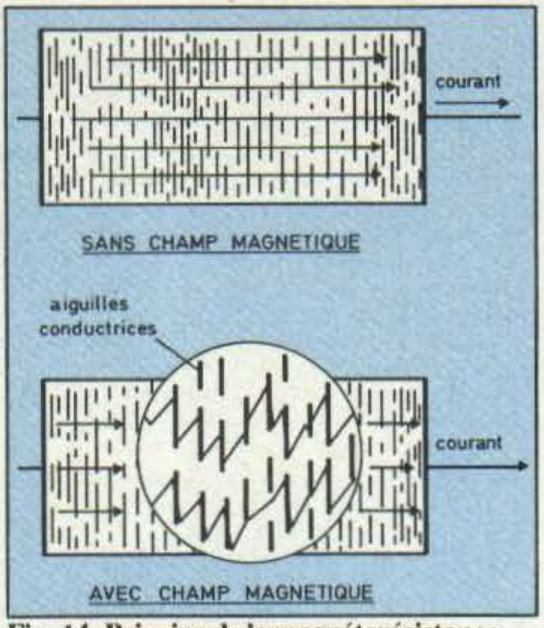


Fig. 14. Principe de la magnétorésistance à antimoniure d'indium.

Les magnétorésistances

La magnétorésistance utilise le principe de la déviation d'électrons par un champ magnétique. Le courant dévié allonge son parcours ce qui se traduit par une augmentation de résistance. Comme la variation de résistance reste faible avec des matériaux traditionnels ou même semi-conducteurs, on est amené à utiliser des structures particulières.

Les magnétorésistances les plus courantes (si l'on peut dire, car ce type de composant reste relativement marginal) utilisent un semi-conducteur d'antimoniure d'indium dans lequel sont placées des aiguilles conductrices d'antimoniure de nickel (NiSb). Ces aiguilles incluses dans le cristal maintiennent une distribution homogène des charges en l'absence de champ magnétique. En présence d'un champ, ces aiguilles conductrices permettent d'allonger le trajet des électrons et, par conséquent, permettent d'obtenir une variation sensible de la résistance (figure 14).

Pour augmenter la variation de résistance et pour rendre cette résistance assez grande en vue d'une exploitation facile, sans consommation excessive, on ménage un parcours «sinueux» au courant. La figure 15 montre un exemple de magnétorésistance différentielle constituée de deux résistances identiques que l'on pourra faire travailler en pont pour détecter une variation de position d'un champ magnétique.

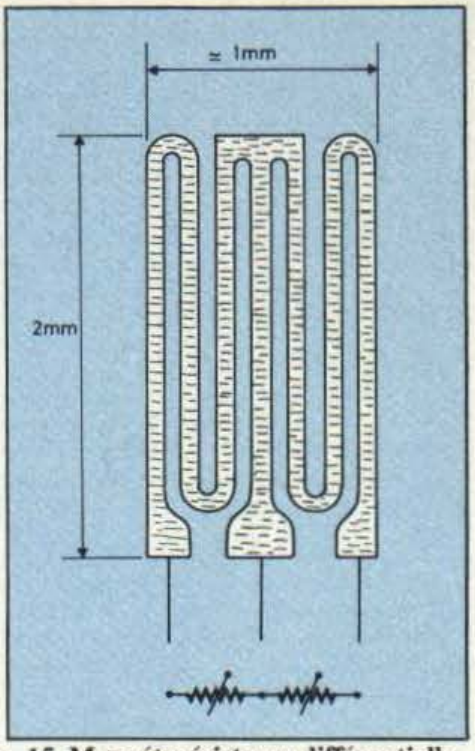


Fig. 15. Magnétorésistance différentielle.

Malgré cet allongement du parcours, on atteint avec des magnétorésistances en antimoniure d'indium, de faibles valeurs (moins de 300 ohms). Des modifications de dopage entraînent des variations de résistivité, mais plus la résistivité augmente et plus le coefficient de température s'accroît.

Nous avons vu que, pour l'effet Hall, on obtient une inversion de polarité de la tension de Hall avec l'inversion du champ magnétique. Ici, compte tenu de la structure du matériau, la variation de la résistance est identique pour les deux sens du champ magnétique. En conséquence, on devra, pour détecter une variation de champ magnétique, appliquer une polarisation continue au système.

Le champ magnétique externe pourra alors faire augmenter ou diminuer la valeur de la résistance du composant magnéto-résistif. Dans le cas d'une magnétorésistance différentielle, on aura une possibilité de détection de position mais un

Référence	Température d'utilisation	Courant de commande	Sensibilité	Tension de sortie	Remarque
Siemens					
KSY 10	– 40, + 150 °C	7 mA maxi	220 V/AT	200 mV à 0,2 T	
Sprague					
UGN 3600 M	0, + 70 °C	3 mA	133 V/AT	120 mV à 0,2 T	Etalonné
UGN 3601 M	0, + 70 °C	3 mA			Sélection du 3600

Tableau 2 : détecteurs à effet Hall.

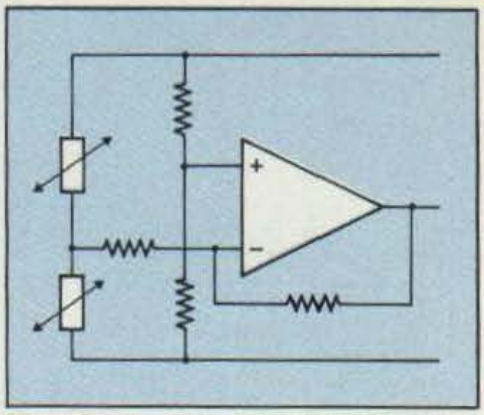


Fig. 17. Magnétorésistances en pont.

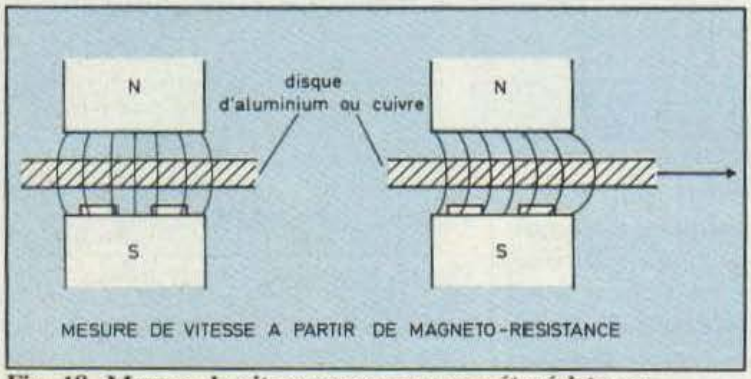
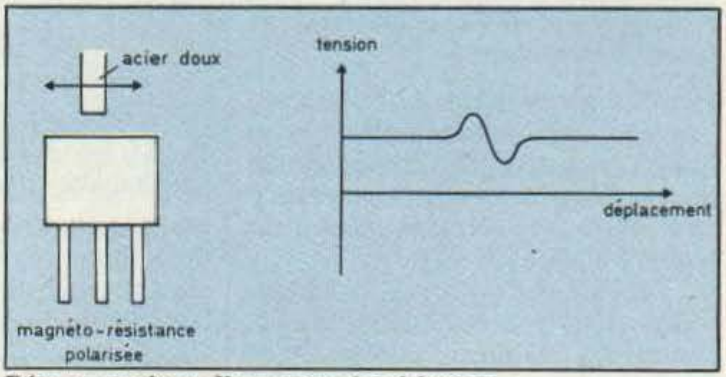


Fig. 18. Mesure de vitesse avec une magnétorésistance.



Réponse typique d'une magnétorésistance.

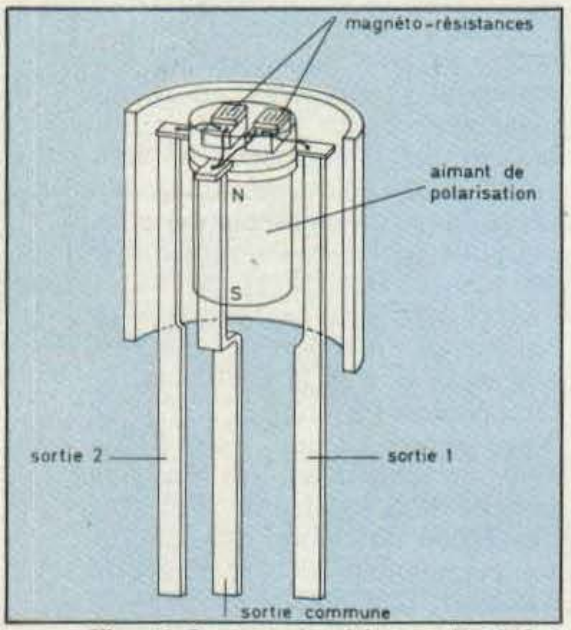


Fig. 16. La magnétorésistance FP 210.

pôle sud produira un effet identique à un pôle nord.

Siemens, l'un des rares fabricants à proposer, depuis quelques années déjà, ce type de composant offre une gamme de magnétorésistances différentielles ou simples, équipées, ou non, d'un aimant de polarisation. La figure 16 donne la structure interne d'une magnétorésistance à aimant de polarisation.

Applications

La figure 17 donne le schéma de montage d'une magnétorésistance différentielle dans un montage en pont attaquant un amplificateur opérationnel. Un aimant, passant successivement devant chaque résistance fait varier la tension de sortie. Le passage devant la magnétorésistance supérieure entraîne une augmentation de sa résistance : la tension baisse au point milieu de la branche active du pont et la tension de sortie augmente. La figure 18 donne un exemple pratique de détection de position à partir d'une magnétorésistance polarisée. Dans ce cas, on détecte la position d'une pièce de fer doux ou d'acier : dans un système de comptage, on pourra, par exemple, placer une magnétorésistance de ce type devant les dents d'un engrenage.

Le dernier exemple (figure 18) montre une application de la magnétorésistance à une mesure continue de vitesse. Ici, un aimant encadre un disque conducteur. Ce disque tourne et les courants de Foucault modifient la répartition du flux, répartition captée par une magnétorésistance différentielle. La sortie de l'amplificateur donne directement une tension, fonction de la vitesse mais pas obligatoirement proportionnelle à celle-ci.

Magnétorésistance CMR

Le CMR, qui vient d'être présenté par RTC met à profit l'effet magnéto-résistif dans un matériau magnétique, du Permalloy en couche mince. Pour renforcer la variation de résistance, le fabricant utilise une structure en bandes (de résistivité différente) destinée à allonger le parcours du courant, comme dans le système précédent. Le champ magnétique, au lieu d'être perpendiculaire à la surface de la résistance, se trouve dans son plan. Une structure en pont à 4 magnétorésistances variant en sens inverse deux à deux augmente la sensibilité du dispositif. Ce composant se présente dans un boîtier, du genre TO 92 plastique, identique à celui des transistors économiques, mais équipé de 4 fils, deux pour les entrées et deux pour les sorties. ■

Etienne Lémery

Référence	Température d'utilisation	Tension d'alimentation	Consommation	Courant de Sortie maxi	Boîtier	Fonctions
Siemens						
SAS 231 L	0, + 70 °C	4,75 à 15 V	6 mA	5 mA	Micropack (film Kapton)	Linéaire, sortie proportionnelle au champ magnétique
SAS 231 W	0, + 70 °C	4,75 à 15 V	6 mA	5 mA	Plastique miniature, 6 sorties à plat	Linéaire, sortie proportionnelle au champ magnétique
SAS 241	0, + 70 °C	4,75 à 18 V	1 à 3 mA	30 mA	Plat, 4 sorties	Tout ou rien, sortie dynamique, 15 à 40 µs, 2 sorties //
SAS 241 S4	P, + 70 °C	4,75 à 5,25 V	1 à 3 mA	30 mA	Plat, 4 sorties	Tout ou rien, sortie dynamique, 15 à 40 µs, 2 sorties //
SAS 250	– 40, + 125 °C	4,5 à 27 V	3 à 6 mA	30 mA	Plat, 4 sorties	Tout ou rien, statique, 2 sorties //
SAS 251	0, + 70 °C	4,5 à 27 V	3 à 6 mA	30 mA	Plat, 4 sorties	Tout ou rien, statique, 2 sorties //
SAS 251 S4	0, + 70 °C	4,5 à 5,25 V				
SAS 251 S5	0, + 70 °C	4,5 à 18 V				
SAS 261	0, + 70 °C	4,5 à 18 V	0,5 à 5 mA	30 mA	Plat, 4 sorties	Tout ou rien, statique, 1 sortie, entrée d'autorisation de commande
SAS 261 S4	0, + 70 °C	4,5 à 5,25 V	0,5 à 5 mA	30 mA	Plat, 4 sorties	Tout ou rien, statique, 1 sortie, entrée d'autorisation de commande
HZK 101	– 40, + 130 °C	4,5 à 24 V	12 mA	40 mA	Boîtier spécial	Fourchette, tout ou rien, sortie statique, plage de température étendue
HZK 101 S	0, + 70 °C	4,5 à 24 V	12 mA	40 mA	Boîtier spécial	Fourchette, tout ou rien, sortie statique, Plage de température étendue
TLE 4901	– 30, + 130 °C	6 à 16 V	8 à 13mA	20 mA	Boîtier plat, 4 sorties	Détecteur bipolaire, tout ou rien, 2 sorties
TLE 4901 W	– 30, + 130 °C	6 à 16 V	8 à 13 mA	20 mA	Boîtier plat, 3 sorties	idem 2 sorties
Sprague						
UGN 3013T	0, + 70 °C	4,5 à 16 V	7 à 16 mA	40 mA	Plat, 3 sorties	Tout ou rien, 1 sortie, très économique
UGN 3019T/U*	– 20, + 85 °C	R,5 à 24 V	2,5 à 7 mA	25 mA	Plat, 3 sorties	Tout ou rien, 1 sortie, économique
UGS 3019 T/U	– 55, + 150 °C	R,5 à 24 V	2,5 à 7 mA	25 mA	Plat, 3 sorties	Tout ou rien, 1 sortie, économique
UGN 3020 T	0, + 70 °C	4,5 à 24 V	5 à 14 mA	50 mA	Plat, 3 sorties	Tout ou rien, 1 sortie, économique
UGS 3020 T	– 40, + 150 °C	4,5 à 24 V	5 à 14 mA	50 mA	Plat, 3 sorties	Tout ou rien, 1 sortie, économique
UGN 3030 T/U*	– 20, + 85 °C	4,5 à 24 V	2,5 à 7 mA	25 mA	Plat, 3 sorties	Tout ou rien, 1 sortie, bipolaire
UGS 3030 T/U*	– 55, + 125 °C	4,5 à 24 V	2,5 à 7 mA	25 mA	Plat, 3 sorties	Tout ou rien, 1 sortie, bipolaire
UGN 3040 T	0, + 70 °C	4,5 à 24 V	5 à 14 mA	25 mA	Plat, 3 sorties	Tout ou rien, ultra sensible, 1 sortie
UGN 3201 M	0, + 70 °C	5 à 16 V	20 à 25 mA	25 mA	DIL 8	Tout ou rien, 2 sorties
UGN 3203 M	0, + 70 °C	5 à 16 V	20 à 25 mA	25 mA	DIL 8	Tout ou rien, 2 sorties. Plus sensible que le 3201
UGN 3220 S	0, + 70 °C	4,5 à 16 V	3,5 à 9 mA	30 mA	Plat, 4 sorties	Tout ou rien, 2 sorties, économique
UGN 3501 T	0, + 70 °C	8 à 12 V	10 à 20 mA	4 mA	Plat, 3 sorties	Linéaire, sans réglage
UGN 3501 M	0, + 70 °C	8 à 16 V	10 à 18 mA	2 mA	DIL 8	Linéaire, réglage du point de repos.
Micro Switch (Honeywell), tout ou rien						
5SS16	– 40, + 100 °C	4,5 à 5,5 V	4 mA	20 mA	Plastique 3 cosses	Sortie/+alim, concentrateur de flux
55SS16	– 40, + 100 °C	4,5 à 5,5 V	4 mA	20 mA	Plastique 3 cosses	Sortie/masse, id.
512SS16	– 40, + 150 °C	6 à 16 V	13 mA	20 mA	Plastique 3 cosses	3 versions dont une bipolaire
6SS2/4	– 40, + 100 °C	4,5 à 5,5 V	4 mA	10 mA	Dil 4	10 versions, avec ou sans concentrateur de flux
8SS1	– 40, + 100 °C	4,5 à 5,5 V	4 mA	8 mA	Céram., 3 sorties	Bipolaire, sortie/masse
8SS3	– 40, + 150 °C	6 à 16 V	13 mA	20 mA	Céram., 3 sorties	Unipolaire, sortie/masse
1 AV2/3B	– 40, + 125 °C	6 à 16 V	13 mA	20 mA	Fourchette	Sortie par cosse ou fils/+alim.
1 AV2/3A	– 40, + 125 °C	6 à 16 V	13 mA	20 mA	Fourchette	Sortie par cosse ou fils/masse
3 AV1C	– 40, + 85 °C	4,5 à 5,5 V	7 mA	4 mA	Fourchette	Montage sur circuit imprimé, sortie/masse
3 AV1A	– 40, + 85 °C	6 à 16 V	13 mA	10 mA	Fourchette	Montage sur circuit imprimé, sortie/masse
3 AV2A	– 40, + 85 °C	6 à 16 V	13 mA	20 mA	Fourchette	Sorties par fils/masse
Micro Switch (Honeywell), linéaire						
91SS12-2	– 40, + 150 °C	8 à 16 V	15 mA	10 mA	Céramique	Compensé en température
92SS12-2	– 40, + 150 °C	8 à 16 V	15 mA	10 mA	Céramique	Sortie en tension
634SS2	NC	4 à 10 V	3,5 mA		Dil 4	Sortie différentielle

Tableau 1 : détecteurs à effet Hall en circuit intégré.

LA PROGRAMM

LE BASIC (I)

Avant d'aborder la programmation proprement dite, il nous faut encore préciser quelques notions de base indispensables à une bonne compréhension du sujet et, alors que nos deux précédents articles s'intéressaient d'assez près au langage machine et à tout ce qui touchait la mémoire et le codage des données dans celle-ci, nous allons parler maintenant des langages évolués.

Généralités

Un langage dit évolué est un langage de programmation, c'est-à-dire un ensemble de mots que l'on peut manipuler de façon relativement simple et, en tout cas, indépendante du calculateur sur lequel le programme réalisé devra fonctionner. Chaque mot réalise une fonction plus ou moins élémentaire; le terme élémentaire étant cependant assez éloigné des opérations dites élémentaires telles que nous les avons évoquées lorsque nous avons parlé, le mois dernier, du langage machine. Ainsi, en langage évolué, il est possible d'écrire un mot qui réalise à lui tout seul une fonction nécessitant des centaines de lignes de langage machine; c'est le cas, par exemple, du mot SIN qui, en BASIC, calcule le sinus d'un angle.

Il existe de très nombreux langages évolués, chacun ayant des avantages et des inconvénients et, surtout, des domaines d'application différents. On trouve ainsi des langages spécialisés pour la gestion, d'autres pour les calculs scientifiques, d'autres pour les automatismes et, même, d'autres pour... les débutants. Le langage machine, en revanche, même si l'on utilise les mnémoniques et l'assembleur pour faire les programmes, ne peut en aucun cas recevoir le nom de langage évolué comme nous avons parfois pu le lire sous la plume de certains auteurs.

Tout langage évolué, quel qu'il soit, dispose donc d'un certain nombre de mots ou mots-clés ou instructions dont les règles d'utilisation et de fonctionnement sont parfaitement codifiées. Ces mots et les fonctions qu'ils représentent sont indépendants de la machine sur laquelle le programme s'exécutera, ce qui constitue une différence fondamentale avec le langage machine qui, lui, dépend du microprocesseur employé. Un programme écrit en FORTRAN, par exemple, doit pouvoir fonctionner sans modification sur toute machine capable de travailler dans ce langage.

Cette belle notion que l'on appelle la «portabilité» d'un langage se vérifie malheureusement très rarement. En effet, certains langages ont été définis et codifiés il y a de nombreuses années et le nombre d'instructions de base qu'ils comportaient s'est vite révélé insuffisant; les divers fabricants de calculateurs ont donc ajouté, chacun à leur façon et sans concertation aucune, des instructions supplémentaires. Cette tour de Babel informatique nous conduit aujourd'hui au phénomène suivant et ce, surtout pour le célèbre BASIC : le noyau de base du langage est standardisé car c'est ce qui a été défini à l'origine mais de nombreuses instructions satellites existent selon les fabricants, instructions qui, même si elles réalisent une fonction identique, sont bien souvent incompatibles entre elles.

Quoi qu'il en soit, et malgré toutes ces remarques, il est encore possible d'apprendre un langage évolué. Le passage d'un calculateur à un autre restant facile tant que le nombre d'instructions nouvelles est limité. Une telle phrase devient impossible à écrire concernant le langage machine, et apprendre le langage machine Z 80 ne permet pas du tout de faire ensuite facilement du langage machine 6809, par exemple.

Interpréteurs et compilateurs

Parler de langage évolué c'est bien mais encore faut-il savoir, ne serait-ce que pour comprendre certaines différences de vitesses «inexplicables», comment ce langage est traduit de façon compréhensible pour le microprocesseur. Nous avons déjà abordé ces notions dans notre premier numéro, dans un article intitulé «quel langage choisir», mais nous croyons utile d'y revenir car malgré leur simplicité, elles sont mal perçues par nombre d'entre vous à en juger par les propos que nous avons entendus.

Pour pouvoir être exécuté, et quel que soit le langage dans lequel il a

ATION

été écrit, un programme doit toujours, en fin de compte, être traduit en langage machine. Cette traduction est automatique (sinon quel serait l'avantage du langage évolué ?) mais peut se faire de deux façons selon que l'on utilise un interpréteur ou un compilateur.

Un interpréteur est un programme impérativement présent dans la mémoire de la machine lors de l'exécution de votre programme en langage évolué. Sa fonction est, en effet, de traduire les instructions du langage évolué en langage machine au fur et à mesure de leur exécution.

Ce procédé coûte évidemment très cher en temps puisque la phase de traduction équivaut, pour l'utilisateur, à du temps perdu pendant lequel il ne se passe rien d'utile. De plus, cette façon de faire gaspille pas mal de mémoire car la taille d'un interpréteur n'est pas négligeable.

Sur un micro-ordinateur amateur par exemple, l'interpréteur BASIC occupe au minimum 8 K de mémoire lorsque ce n'est pas 16 K. Sur les 64 disponibles, cela ne passe pas inaperçu. En contrepartie, un interpréteur se révèle assez simple à écrire et ne coûte donc pas très cher ce qui justifie la présence, sur tous les micro-ordinateurs de «bas de gamme», d'interpréteurs (BASIC principalement).

Un compilateur fonctionnne de façon tout à fait différente. C'est un programme que l'on n'utilise qu'une fois et qui réalise la traduction complète de votre programme du langage évolué au langage machine. Le résultat de cette traduction est un vrai programme en langage machine identique à ce que vous auriez pu écrire vous même et se traite donc comme tel. Les avantages de cette solution sont innombrables et se manifestent surtout au niveau vitesse d'exécution et occupation mémoire. En effet, la traduction — très coûteuse en temps — a été faite une fois pour toute lors de la compilation. L'exécution de votre programme se fait donc très rapidement puisque c'est du langage machine, correspondant directement aux fonctions que vous désirez, qui s'exécute. L'occupation mémoire se trouve considérablement réduite par rapport à un interpréteur puisque la seule chose nécessaire en mémoire est votre programme, le compilateur n'étant là que lors de la compilation. Seule ombre au tableau, la réalisation d'un compilateur n'est pas facile et à plus forte raison celle d'un bon compilateur. Pour vous en persuader, essayer d'écrire, en n'utilisant que des additions et des soustractions sur des mots de 8 bits, les opérations devant conduire au calcul d'un sinus, par exemple...

Une solution intermédiaire existe et permet de simplifier un peu la réalisation du compilateur. Elle est aussi rapide que la solution du «vrai» compilateur mais elle utilise une place importante en mémoire, moins importante cependant que la solution faisant appel à l'interpréteur ; c'est celle qui utilise un «run time» ou un «run time package» (désolé mais les termes français n'existent pas). Dans cette méthode, on fait appel à un compilateur pour traduire le programme de langage évolué en langage machine mais, pour simplifier le travail du compilateur, on l'autorise à faire appel à une «bibliothèque» de sous-programmes standard qui devront donc résider en mémoire lors de l'éxécution du programme traduit. Cette bibliothèque est le «run time» ou «run time package» du compilateur. Ces précisions énoncées, nous allons pouvoir commencer l'étude d'un langage de programmation proprement dit.

L'inévitable BASIC

Lorsque nous avons pensé à cette série d'articles, nous ne voulions pas commencer par parler du BASIC ; puis, au fur et à mesure que nous en avons discuté avec les uns et les autres, il s'est avéré que la demande en ce domaine restait grande malgré les manuels «didactiques» qui accompagnent maintenant tous les micro-ordinateurs du marché ; nous allons donc commencer par ce langage qui, à défaut d'être le meilleur, reste le plus répandu, surtout au niveau amateur.

Le BASIC est un langage de programmation pour débutants comme son nom l'indique (Beginners All purpose Symbolic Instruction Code 53, soit code d'instruction symbolique à usage général pour débutants). Si les premiers BASIC proposés sur le marché se révélaient très limités comparativement au FORTRAN par exemple, il n'en est plus de même aujourd'hui grâce à l'introduction d'instructions nouvelles. En contrepartie, cette introduction contribue à réduire la standardisation quasi parfaite du lan-

gage initial (ce que nous évoquions dans le précédent paragraphe).
Nous allons traiter cette initiation au BASIC de la façon suivante : étude des instructions les plus courantes, puis étude de quelques exemples de programmes standard afin de vous familiariser avec leur manipulation.
Cette façon de faire, bien que pouvant sembler un peu lourde au premier abord, est quasiment inévitable en BASIC, la connaissance des instructions entrant pour 90% dans la pratique du langage comme vous allez pouvoir le constater.

Programme constantes et variables

Avant de parler des instructions, il est utile de savoir comment écrire et manipuler celles-ci, mais aussi quelles sont les données utilisables.
Tout interpréteur BASIC digne de ce nom, dispose de deux modes de fonctionnement : le mode direct ou calculateur et le mode programmé.
Le mode direct permet d'utiliser l'ensemble ordinateur et interpréteur BASIC comme une vulgaire machine à calculer ; on frappe la ligne de calcul que l'on veut exécuter et dès le retour chariot (ou la frappe de la touche ENTER sur certaines machines) le calculateur se met au travail et vous fournit le résultat. Cela ne va pas plus loin et la ligne frappée ne reste même pas en mémoire pour une utilisation ultérieure ; ce mode de fonctionnement se limite donc à des cas très particuliers et sert surtout si l'on n'a pas de «calculette» sous la main.
Le mode programmé est celui qui vous permet d'écrire un programme, c'est-à-dire une suite d'instructions exécutables. Pour le différencier du précédent, il faut frapper les diverses lignes d'instructions en les faisant commencer par un numéro qui sera appelé le numéro de ligne. Ainsi, si vous frappez PRINT 2+3, le calculateur vous répondra aussitôt 5 : vous serez en mode direct ; mais si vous frappez 10 PRINT 2+3, rien ne se passera : le calculateur stockera cette ligne en mémoire et elle constituera la ligne numéro 10 de votre programme.
La longueur des lignes n'est pas limitée par une règle propre au BASIC et ne dépend que de votre machine. Une valeur courante est 127 caractères mais n'a qu'une fonction indicative sans grande importance.
Les numéros de lignes peuvent être quelconques sous réserve de ne pas commencer à 0 et de ne pas dépasser une limite qui, ici aussi, ne dépend que de votre machine ; 9999 et 32767 sont des valeurs assez souvent rencontrées.
Compte tenu du fonctionnement des interpréteurs (nous aurons l'occasion d'en parler) une bonne pratique consiste à faire évoluer les numéros de lignes de 10 en 10 ce qui permet, en cas d'oubli, de rajouter jusqu'à 9 lignes entre deux lignes consécutives. En effet, tous les interpréteurs et compilateurs BASIC se moquent de l'ordre dans lequel vous frappez les lignes et ils exécutent toujours les programmes dans l'ordre croissant des numéros.
Le fait de frapper deux lignes avec le même numéro ne fait conserver en mémoire que la dernière ligne frappée ; elle prend, en effet, la place de la précédente. De ce fait si vous frappez un numéro de ligne sans rien d'autre et que ce numéro existe déjà dans votre programme, vous effacerez la ligne correspondante puisque vous allez la remplacer par «rien». Pour l'écriture des instructions sur une ligne, les espaces n'ont aucune importance (sauf dans les chaînes de caractères décrites ci-après) et sont ignorés par le BASIC ; ainsi PRINT2+3 aura le même effet que PRINT 2+3 ; la première forme sera simplement plus désagréable à lire sur le listing.
On peut écrire plusieurs instructions sur une même ligne sous réserve de les séparer par un «séparateur» (c'est original !), en général le caractère «deux points», mais ce n'est pas là une règle absolue et dépend plus de votre interpréteur que du BASIC proprement dit.
Ces quelques règles de base vues, parlons un peu des données numériques susceptibles de manipulations. Elles sont de deux types principaux : les entiers et les réels. Les interpréteurs les plus simples ne savent que manipuler des entiers, généralement codés, en interne, sur deux voire quatre octets ce qui, dans le premier cas, donne une plage de représentation des nombres de − 32768 à + 32767. Ce n'est pas beaucoup et les interpréteurs ainsi limités ne se rencontrent quasiment plus sauf dans certains microprocesseurs monochip tels le Z 8671 de Zilog ou l'INS 8073 de NS (microprocesseurs avec mini-interpréteur BASIC intégré). Ces BASIC sont essentiellement à vocation industrielle, pour la commande d'automatismes par exemple où l'on ne demande quasiment pas de calculs.
Les BASIC plus performants peuvent manipuler des réels et selon la taille du codage de ceux-ci en mémoire, sont plus ou moins précis. Il faut bien prendre conscience que les possibilités de manipuler des chiffres très importants avec une bonne précision se paient très cher.
Ainsi, un interpréteur capable de traiter des nombres compris entre 10 puissance − 38 et 10 puissance + 38 avec une précision de 16 chiffres significatifs, nécessite un codage de chaque nombre sur 56 bits en mémoire, quantité énorme pour un microprocesseur 8 bits, tant au niveau place consommée qu'au niveau lourdeur de manipulation.
Une solution adoptée sur de nombreux interpréteurs consiste à vous permettre de spécifier le type de représentation que vous désirez pour un nombre : entière ou réelle. C'est très pratique et contribue à diminuer la taille d'un programme et à en accroître la vitesse d'exécution. En effet, il est ridicule de coder sur 56 bits (cas de la représentation d'un réel dans l'exemple précédent) un compteur de boucle qui va varier de 1 à 8 par pas de 1 ; une représentation entière suffit amplement.
Les réels s'écrivent soit en notation «normale» (la virgule doit être remplacée par un point, notation américaine oblige) soit en notation scientifique, c'est-à-dire sous forme d'une mantisse et d'une puissance de 10. Ainsi, 135000 peut-il s'écrire

1,35 x 10 puissance 5. L'expression d'un nombre sous cette forme, en BASIC, est normalisée et doit prendre la configuration suivante : mantisse E signe exposant; ainsi, pour reprendre notre exemple précédent, 135000 serait écrit 1.35E+5 ou 1.35E5 le + pouvant s'omettre car il est choisi par défaut. La représentation d'un nombre inférieur à 1 utilise le même principe mais avec un exposant négatif pour la puissance de 10; ainsi 0,000123 peut s'écrire 1.23E−4 c'est-à-dire 1,23 x 10 puissance moins 4.

Les nombres manipulés par le BASIC ne sont pas limités à ces trois formes : entière, réelle et en notation scientifique; il est en effet possible de manipuler des nombres qui sont en réalité des expressions. Ainsi, plutôt que d'écrire 0,3333333 pour 1/3, vous pourrez très bien promener l'expression 1/3 dans les calculs sans que cela conduise à une erreur. Malgré ces quelques règles de syntaxe un peu particulières, la manipulation de nombres ne pose pas de gros problèmes car elle n'est pas fondamentalement différente de ce que vous avez appris à l'école. Plus intéressante et originale est la manipulation des chaînes de caractères à laquelle vous ne devez pas être habitués si vous n'avez jamais programmé.

En BASIC, il est possible de définir des constantes (et même des variables comme nous le verrons plus tard dans cet article) qui sont des chaînes de caractères. Ces chaînes se définissent par une succession de caractères alphanumériques quelconques compris entre deux guillemets. Ainsi la constante chaîne de caractère «micro» pourra être manipulée par des instructions BASIC; il en serait de même de la constante «et Robots», et, comme nous le verrons un peu plus tard vous pourrez faire «micro» + «et Robots» ce qui vous donnera une nouvelle constante *(on l'espère bien! NDLR)* qui sera «Micro et Robots». C'est un peu déroutant au début mais on s'y fait vite, surtout avec quelques exemples.

Pouvoir manipuler des constantes c'est très bien mais cela ne suffit pas et les variables constituent la majeure partie des éléments utilisés dans un programme. Ces variables peuvent être du même type que les constantes déjà vues; la seule différence étant qu'elles prennent diverses valeurs au fur et à mesure de l'exécution du programme. Si ces variables sont numériques, elles reçoivent un nom dont l'aspect varie selon les BASIC; d'une façon générale un nom de variable est constitué par une ou deux lettres ou une lettre suivie d'un chiffre de 0 à 9; ainsi, A, AC, B8, ZX sont des noms de variables. Les chiffres seuls ne sont, bien sûr, pas admis comme noms de variables car le BASIC ne peut les différencier des chiffres proprement dits; de même, l'association chiffre suivi d'une lettre n'est généralement pas admise. Sur les BASIC de luxe, les noms de variables peuvent comporter plusieurs lettres ce qui n'apporte pas de possibilités supplémentaires pour la programmation mais permet de créer des listings plus compréhensibles.

Il est également possible de manipuler des variables chaînes de caractères qui peuvent, elles aussi, recevoir un nom respectant les règles de composition présentées pour les variables numériques. Pour les distinguer de ces dernières, leur nom doit impérativement être suivi par le symbole dollar ($); ainsi A8 est une variable numérique mais A8$ est une variable chaînes de caractères. Dans un même programme, des variables numériques et des variables chaînes de caractères peuvent exister simultanément avec les mêmes noms (comme dans l'exemple précédent) sans inconvénient; ce sont bel et bien deux entités différentes.

Enfin, les derniers types de variables qu'il est possible de définir et d'utiliser avec le BASIC sont les tableaux, à une dimension ou à deux dimensions (ils forment alors des matrices). Les tableaux à une dimension sont constitués par une suite de nombres et le repérage des divers éléments se fait au moyen d'un indice comme dans l'exemple de la figure 1. Les variables de ce type ont des noms analogues à ceux déjà présentés mais suivis d'un indice entre parenthèses. Ainsi, parlerons-nous de la variable A (I) qui sera le I^{e} élément du tableau à une dimension A. Dans le cas de la figure 1 par exemple, A (1) est égal à 2, A (2) est égal à 100 et ainsi de suite.

A(I)	2	100	4	3	1.2E2
I	1	2	3	4	5

Figure 1 : Exemple de tableau à une dimension A(I), contenant 5 éléments. A(1) = 2, A(2) = 100, ..., A(5) = 120.

Pour un tableau à deux dimensions, le principe de représentation est le même mais il faut, dans ce cas, deux indices : un indice pour le numéro de ligne du tableau et un autre pour le numéro de colonne.

La figure 2 montre un exemple de tableau à deux dimensions avec les noms des différents éléments qui le composent.

A(0,0)	A(0,1)	A(0,2)
A(1,0)	A(1,1)	A(1,2)
A(2,0)	A(2,1)	A(2,2)
A(3,0)	A(3,1)	A(3,2)

Figure 2 : Exemple de tableau à deux dimensions contenant 12 éléments.

Ces variables éléments de tableaux s'appellent les variables indicées. Comme pour les variables chaînes de caractères, il peut coexister dans un même programme des variables normales et des variables indicées de nom identique sans que cela prête à confusion; ainsi B7 n'a rien à voir avec B7$ (chaîne de caractères) ni avec B7(I) (variable indicée).

Conclusion

Nous allons en rester là pour aujourd'hui; nous avons précisé les éléments de base indispensables à une bonne utilisation du langage BASIC, le mois prochain nous aborderons la manipulation de ces données avec les opérateurs arithmétiques et logiques ce qui sera un peu plus vivant. *(à suivre...)* ■

C. Tavernier

LOGIQUE

La normalisation américaine (ANSI-Y-32-14) prévoit deux grands types de symboles : les symboles rectangulaires et les symboles à forme distinctive. La normalisation française (NF-C-03-108) ne prévoit que le seul type rectangulaire. Les constructeurs de circuits électroniques, y compris les constructeurs français, utilisent en majorité les symboles à forme distinctive. C'est donc celle que nous utiliserons en priorité (voir figure 1).

L'indicateur d'état ou de négation

Cet indicateur est constitué d'un petit cercle ou bulle placé à l'entrée ou à la sortie d'un symbole (cf. symbole de l'inverseur). Il précise, à l'entrée, l'état d'activation d'une fonction ou, à la sortie, l'état de la fonction activée.

- Indicateur d'état côté entrée :
La présence d'une bulle sur une ou plusieurs entrées d'une fonction signifie que cette fonction sera activée (ou effectivement validée) par l'état 0 de cette ou de ces entrées.

SYMBOLES LOGIQUES

Sur notre exemple, S sera dans l'état 1 si et seulement si A ou B est dans l'état 0 (figure 2). Cela est indépendant de la convention de logique positive ou négative (niveaux affectés aux états 0 et 1). Réciproquement, l'absence de bulle sur les entrées signifie que la fonction est activée par l'état 1 des entrées.

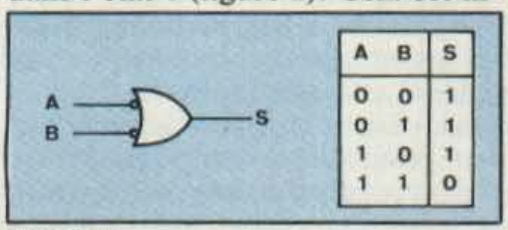


Figure 2.

- Indicateur d'état côté sortie :
La présence d'une bulle sur la sortie d'une fonction signifie que cette sortie est dans l'état 0 si la fonction est activée. Sur notre exemple, S sera dans l'état 0 si et seulement si A et B sont dans l'état 1 (figure 3).

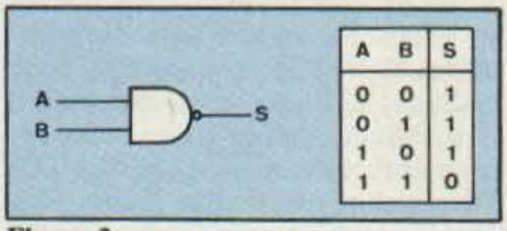


Figure 3.

Réciproquement, l'absence de bulle sur la sortie signifie que cette sortie est dans l'état 1 si la fonction est activée.
L'activation d'une fonction n'implique pas la présence d'un courant ou d'une tension dans un circuit technologique mais fait seulement référence à la validation de la fonction booléenne représentée par le symbole. Enfin un indicateur d'état ou bulle n'est jamais représenté seul. Les états de part et d'autre d'un indicateur d'état sont complémentaires (figure 4).

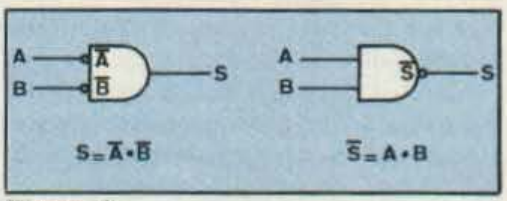


Figure 4.

Les principales fonctions associées à l'indicateur d'état (ou de négation)

Le théorème de De Morgan permet de donner les équivalences de la figure 5 (et dont la liste n'est pas exhaustive).
On retrouve la dualité entre entrées négatives (à bulle) et sortie positive (sans bulle) d'une part, et entrées positives et sortie négative d'autre part, associée à la dualité entre conjonction et disjonction. En fait, cela n'est rien d'autre que la présentation graphique du principe de dualité.

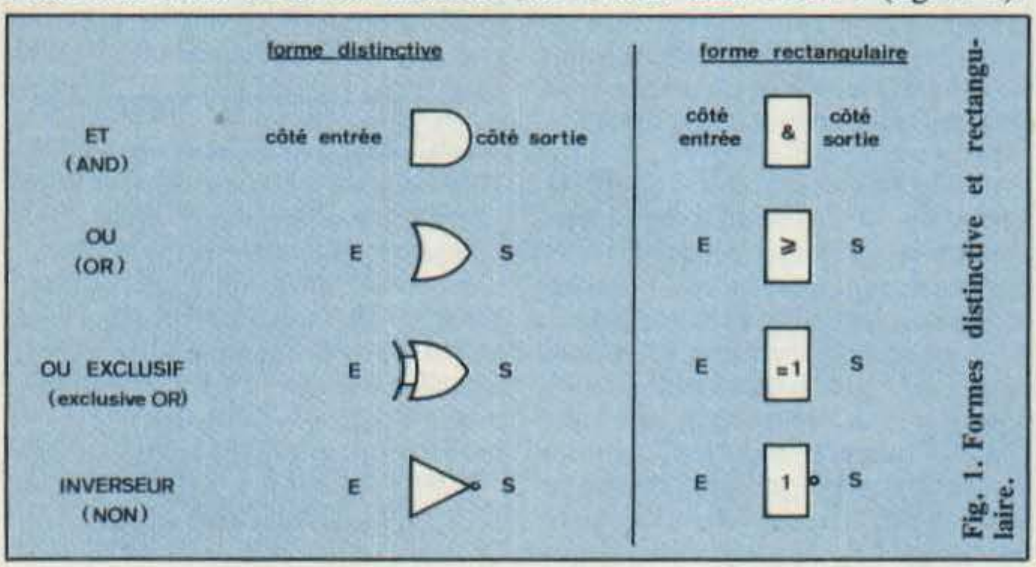


Fig. 1. Formes distinctive et rectangulaire.

Les fonctions mémoires ou bascules

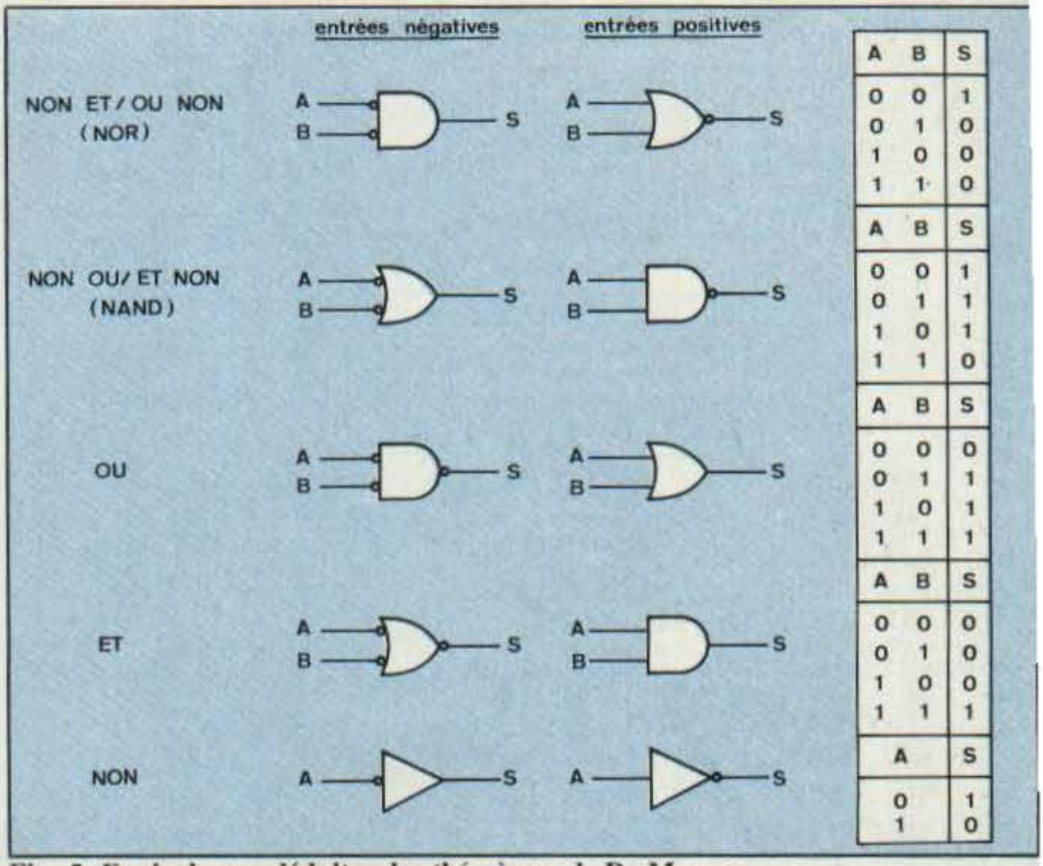
Les développements technologiques, par les fonctions intégrées qu'ils ont permis de réaliser, ont amené à classer les fonctions mémoires ou bascules (flip-flop) en deux grandes familles :

— Les bascules asynchrones :
Les entrées sont en général statiques (c'est-à-dire activant, par leur niveau, la bascule). Le symbole général est rectangulaire et dans celui-ci on indique le nom habituel (R, S, etc.) des entrées. Les 2 symboles représentés en figure 6 sont utilisés pour une bascule RS. Les entrées peuvent bien sûr, le cas échéant, être munies d'une bulle si c'est leur état 0 qui active la bascule.

— Les bascules synchrones :
Ces bascules ont trois grands types d'entrée :
- les entrées de programmation ou de préconditionnement, statiques, telles J, K, D etc.
- les entrées de mode asynchrone ou de forçage, statiques et prioritaires
- l'entrée d'horloge ou de synchronisation qui peut être statique ou dynamique suivant la fonction désirée (dynamique : activant grâce à une transition $0 \rightarrow 1$ ou $1 \rightarrow 0$). En figure 7 on trouvera quelques exemples de telles bascules : mémoire de type D, Flip-Flop, bascule de type JK ou l'horloge est une entrée négative.

Autres symboles

D'autres fonctions que celles présentées jusqu'ici se retrouvent couramment. Nous n'en citerons que quelques unes représentées en figure 8 (trigger de Schmitt, monostable, temporisation).
Beaucoup d'autres symboles figurent dans les normes citées en référence ainsi qu'un certain nombre de commentaires et de ce fait nous ne saurions trop recommander de les consulter.



A	B	S
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

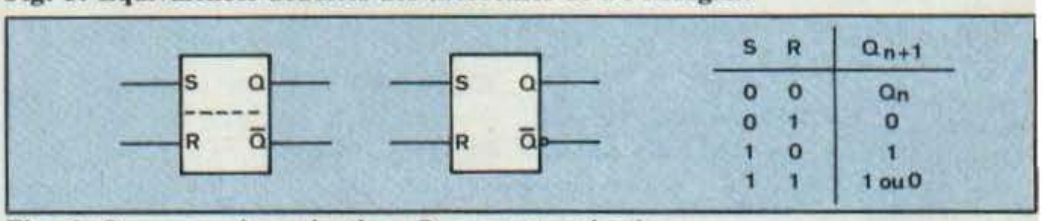
A	B	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

A	B	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

A	B	S
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

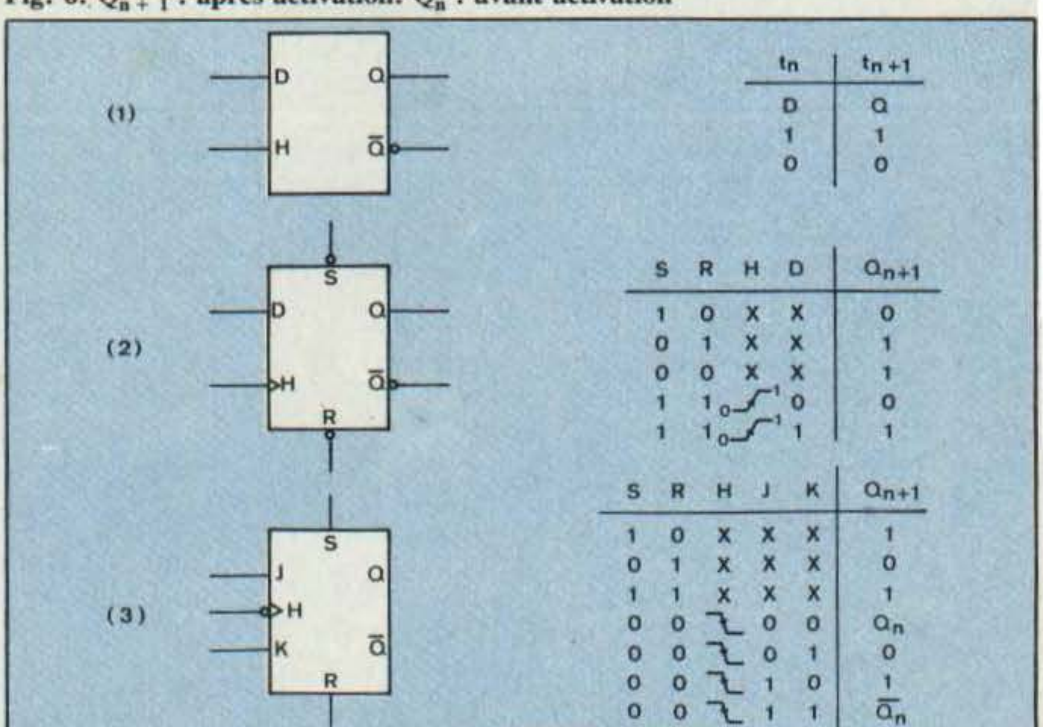
A	S
0	1
1	0

Fig. 5. Equivalences déduites des théorèmes de De Morgan.



S	R	Q_{n+1}
0	0	Q_n
0	1	0
1	0	1
1	1	1 ou 0

Fig. 6. Q_{n+1} : après activation. Q_n : avant activation



t_n	t_{n+1}
D	Q
1	1
0	0

S	R	H	D	Q_{n+1}
1	0	X	X	0
0	1	X	X	1
0	0	X	X	1
1	1	↓	0	0
1	1	↓	1	1

S	R	H	J	K	Q_{n+1}
1	0	X	X	X	1
0	1	X	X	X	0
1	1	X	X	X	1
0	0	↓	0	0	Q_n
0	0	↓	0	1	0
0	0	↓	1	0	1
0	0	↓	1	1	$\overline{Q_n}$

Fig. 7. (1) : mémoire (latch) de type D à entrées statiques. (2) : bascule (Flip Flop) de type D où l'horloge est une entrée dynamique positive. (3) : bascule de type JK où l'horloge est une entrée dynamique négative.

définition du cahier des charges, représentation graphique

phase étude du marché

cahier des charges modifiable?

analyse logique graphe d'étapes-transitions et/ou mise en équation et/ou logigramme

2ème niveau phase étude mathématique

non — description conforme?

oui

choix technologiques

choix des sécurités choix des conventions

2ème niveau phase étude technologique

logigramme ou graphe ou équation adapté?

non

oui

définition d'un schéma technique

3ème niveau phase étude technologique

description conforme?

non

oui

mise en oeuvre et simulation

automate conforme

non

oui

mise en fabrication

phase industrielle

FIN

Fig. 10 : Cet organigramme montre comment s'organise la conception, la mise au point et le lancement en fabrication d'un système et comment s'imbriquent mathématique et technologie.

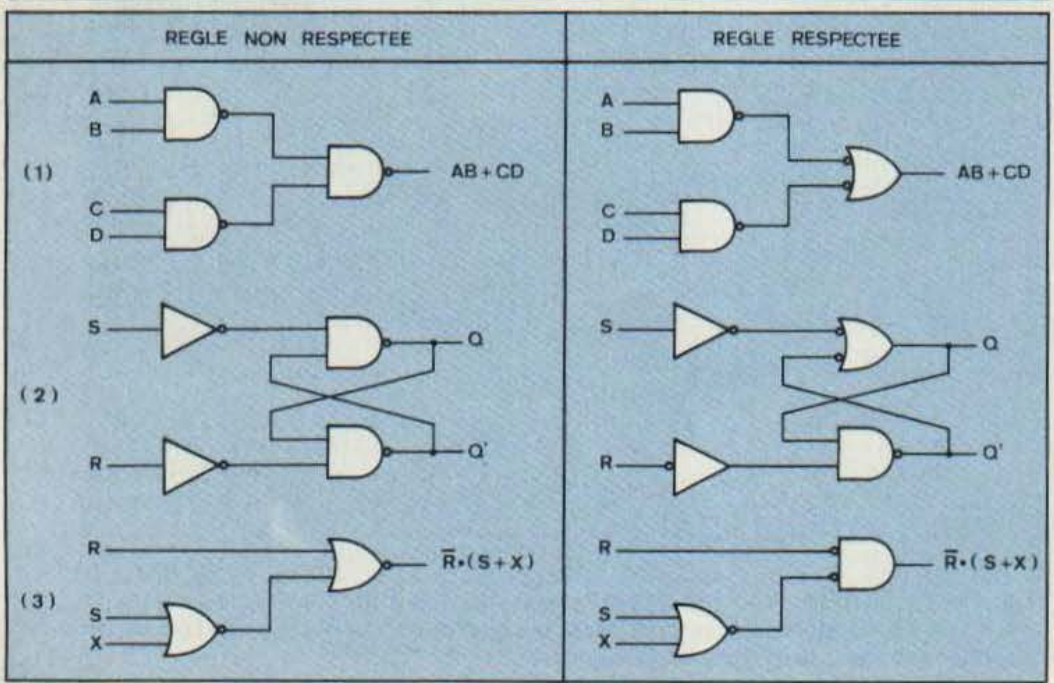


Fig. 9. (1) : la fonction OU est évidente sur le logigramme. (2) : le caractère complémentaire de Q et Q' est mis en évidence ainsi que le rôle de mise à 1 de l'entrée S ou de mise à 0 de l'entrée R. (3) : le logigramme apparait bien comme l'écriture graphique de l'équation.

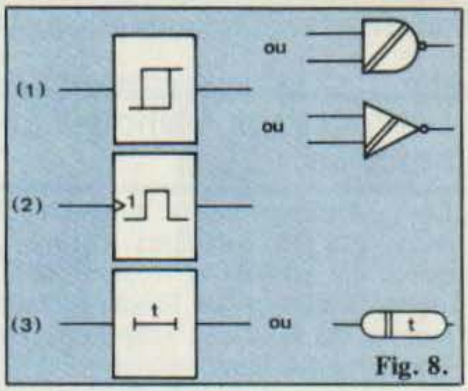


Fig. 8.

Règles d'établissement d'un schéma logique

Dans un souci d'efficacité, de rapidité et de clarté du schéma, nous recommandons vivement de respecter, dans toute la mesure du possible, la règle suivante :

— une entrée avec bulle est attaquée par une sortie avec bulle

— une entrée sans bulle est attaquée par une sortie sans bulle.

Le respect de cette règle facilite le dessin du logigramme à partir d'une équation et, de plus, illustre mieux le fonctionnement ainsi que le montrent les exemples de la fig. 9. Il est à noter que l'utilisation de ces symboles et de l'indicateur d'état (ou de négation) ne fait en aucune façon référence à la convention de logique liant les valeurs binaires ordonnées 0 et 1 à un phénomène physique lui-même ordonné (niveau de pression, courant électrique, potentiel). Il faut donc bien voir qu'au stade du logigramme, nous sommes dans une phase mathématique et non dans une phase technologique, même si certains symboles font penser à telle ou telle réalisation technologique précise (le fameux Nand TTL ou la bascule JK électronique). De ce fait, et en supposant que l'on dispose de diverses familles technologiques très complètes (pneumatique, électrique, hydraulique, électronique...), un même logigramme décrivant l'équation d'un système, servira de base à divers schémas technologiques construits sur cette base et à l'aide d'une technologie et d'une convention rendant cette technologie ordonnée. ■

W. Verleyen

LE MICRO PROCESSEUR 6502

APPLICATIONS

Dans les chapitres précédents, nous vous avons présenté l'aspect *Hardware* du 6502, puis son jeu d'instructions. Nous abordons (enfin !) ce mois-ci la programmation et commencerons par la description de l'assembleur symbolique du microprocesseur 6502.

L'assembleur du 6502

Avant de présenter quelques programmes d'application du 6502, il nous a semblé intéressant de décrire le fonctionnement d'un assembleur-type pour 6502. Peut-être vous demandez-vous ce qu'est un assembleur ? Il s'agit en fait d'un logiciel permettant la programmation en langage machine à partir d'un programme rédigé en langage symbolique plus accessible pour l'utilisateur. Ce langage est appelé «langage d'assemblage» et non «assembleur» comme on le nomme improprement trop souvent. Comme tout langage, ce dernier impose certaines règles d'écriture que nous vous proposons d'étudier à présent. Nous décrirons le fonctionnement de l'assembleur «ASM» que nous avons mis au point sur C.B.M. et dont les règles de syntaxe s'apparentent à celles des autres logiciels du marché qu'ils soient écrits pour Apple, Oric, MPF II ou autres systèmes. Cet assembleur se compose de trois programmes principaux :

— Un éditeur.
— Un compilateur.
— Un chargeur.

L'éditeur permet de générer le texte originel du programme en langage symbolique et le texte ainsi créé sera appelé fichier source. Le compilateur relit le fichier source et effectue l'assemblage proprement dit sous forme hexadécimale. Un deuxième fichier est généré, qui prend le nom de fichier objet et qui contient donc le programme assemblé. Le chargeur permet de loger en mémoire et d'exécuter le programme ainsi

créé. Il permet également d'obtenir un listing complet sur écran ou imprimante du programme assemblé.
L'assembleur «ASM» que nous avons mis au point comporte également un chargeur spécial permettant la programmation directe des EPROMs en liaison avec un circuit spécialisé. La configuration typique pour l'emploi de cet assembleur consiste en une unité centrale C.B.M. de la série 3000, 4000 ou 8000 dotée de 32 K de RAM et d'un lecteur de disquettes. L'éditeur ASM dipose de plusieurs commandes destinées à faciliter la tâche du programmeur et de la répétition automatique sur toutes les touches. Il s'agit d'un éditeur «plein écran» ce qui signifie qu'il suffit de placer le curseur sur la faute de frappe puis d'entrer la correction au clavier pour obtenir la modification souhaitée. Les commandes disponibles sont :

- GET 1 : PROG : Charge le programme «PROG» à partir du disque 1.
- PUT 0 : TEST : Range le programme «TEST» sur le disque 0.
- COMP 0 : TEST : Procéde à l'assemblage du programme «TEST» qui est sur le disque 0. Le fichier objet (TEST.OBJ) sera placé également sur ce disque.
- LIST 11-120 : Liste les lignes de programme comprises entre 11 et 120.
- RENU 12=30 : Renumérote les lignes; la ligne 12 devient la ligne 30, la ligne 13 devient 31, etc.
- HEX A0 : Retourne la valeur de A0 hexa en décimal et en binaire sur 8 bits.
- DEC 127 : Retourne la valeur décimale 127 en hexa et en binaire.
- BIN 1001001 : Retourne la valeur binaire 1001001 en hexa et en décimal.
- DIR1 : Permet d'obtenir le catalogue de la disquette 1 (BASIC 4.0).
- SAVE 0 : TEST : Permet le chargement en mémoire ou l'obtention du listing complet du programme TEST.
- END : Permet de sortir de l'éditeur et de récupérer BASIC.
- NEW : Vide l'éditeur du programme qu'il contenait.
- HARD 3-10 : Liste sur imprimante les lignes 3 à 10.
- FIND ESSAI : Liste toutes les lignes contenant «ESSAI».

Une ligne de programme en langage d'assemblage contient plusieurs zones :
— Une zone étiquette (Label en Anglais)
— Une zone pour l'instruction
— Une zone commentaire.
Le numéro de ligne (de 1 à 300) doit être dans la marge et la zone étiquette en être séparée par un espace. La zone instruction peut suivre la précédente ou être séparée du numéro de ligne par 2 espaces au moins. La zone commentaire doit débuter par un point virgule et peut suivre indifféremment le numéro de ligne, la zone étiquette ou la zone instruction. Les variables peuvent tenir sur 6 caractères au maximum et doivent être suivies de l'affectation «=» et de la valeur hexa précédée du signe «$». Les étiquettes comme les variables peuvent avoir 6 caractères et doivent être situées un espace après le numéro de ligne. Le signe '*' précise l'adresse d'origine du programme et la syntaxe est la même que pour une variable. Plus qu'un long discours, nous vous proposons d'étudier le court programme ci-dessous lequel permet l'addition sur 8 bits de deux nombres situés en $80 et $81, le résultat étant déposé en $82 et l'origine en $800. L'édition pourrait être conçue sous la forme :

```
1 ;PROGRAMME D'ADDITION
2 ;SUR 8 BITS
3 NO1 =$80  ;1 ER CHIFFRE
4 NO2  =$81 ;2 EME CHIFFRE
5 RESULT =$82  ;RESULTAT
6 ;...
7 * =$0800
8 ;...
9 DEPROG     CLC     ;MISE A 0 RETENUE
10    LDA NO1        ;CHARGE 1ER CHIFFRE
11   ADC NO2  ;+ 2EME CHIFFRE
12    STA RESULT  ;RESULTAT EN $82
13   RTS  ;FIN PROGRAMME
14 ;RETOUR AU PROGRAMME PRINCIPAL
```

La commande «.LIST» formatera le texte de la manière suivante :

```
 1 ;PROGRAMME D'ADDITION
 2 ;SUR 8 BITS
 3 NO1      =$80      ;1 ER CHIFFRE
 4 NO2      =$81      ;2 EME CHIFFRE
 5 RESULT   =$82      ;RESULTAT
 6 ;...
 7 *        =$0800
 8 ;...
 9 DEPROG   CLC              ;MISE A 0 RETENUE
10          LDA NO1          ;CHARGE 1ER CHIFFRE
11          ADC NO2          ;+ 2EME CHIFFRE
12          STA RESULT       ;RESULTAT EN $82
13          RTS              ;FIN PROGRAMME
14 ;RETOUR AU PROGRAMME PRINCIPAL
```

et nous obtiendrons le programme assemblé après les commandes «.COMP» et «.SAVE» sous la forme :

```
0000                ;PROGRAMME D'ADDITION
0000                ;SUR 8 BITS
0080                NO1      =$80      ;1 ER CHIFFRE
0081                NO2      =$81      ;2 EME CHIFFRE
0082                RESULT   =$82      ;RESULTAT
0000                ;...
0800                *        =$0800
0800                ;...
0800  18          DEPROG   CLC              ;MISE A 0 RETENUE
0801  A5 80               LDA NO1           ;CHARGE 1ER CHIFFRE
0803  65 81               ADC NO2           ;+ 2EME CHIFFRE
0805  85 82               STA RESULT        ;RESULTAT EN $82
0807  60                  RTS               ;FIN PROGRAMME
0000                ;RETOUR AU PROGRAMME PRINCIPAL
```

On voit donc, par l'exemple précédent, que l'utilisation de l'assembleur rend un programme en langage machine plus compréhensible grâce au langage symbolique. Les instructions peuvent être introduites sous plusieurs formes :
— LDA # >DONNEE : Charge l'accumulateur avec la partie haute de la variable «DONNEE». Si «DONNEE» vaut $E84C, A sera chargé avec $E8.
— LDA ICI+2 : Charge l'accumulateur du contenu de l'adresse «ICI» +2. Si «ICI» est en $80, A sera chargé du contenu de $82.
— LDY # «A» : Charge le code ASCII de «A» dans Y soit $41 (dec 65).

Les messages peuvent être implantés sous deux formes :
— MESSAG '53,41,4C,55,54,20,21' : implantera le message ASCII «SALUT!» à partir de l'adresse «MESSAG».
— MESSAG «SALUT!» : Produit le même effet mais est d'une utilisation bien plus facile.
Nous arrêterons ici la description de l'assembleur symbolique car cela risquerait de nous entraîner trop loin, un tel sujet justifiant à lui seul tout un article. Nous vous présentons maintenant quelques programmes simples destinés à vous familiariser avec le langage machine du microprocesseur 6502.

Programmes d'application

Transfert de mémoire avec index 8 bits.
Le programme que nous vous proposons a pour but le transfert des 256 premiers octets de la mémoire dans une zone commençant en $2000. Nous utiliserons pour ce faire l'adressage indexé par X, registre qui tient, comme nous l'avons vu, sur 8 bits.

```
0000              ;TRANSFERT DE LA PAGE ZERO
0000              ;...
0000              ZONE1   =$00      ;ZONE A TRANSFERER
2000              ZONE2   =$2000    ;ZONE DE TRANSFERT
0000              ;...
0000              *       =$1000
0000              ;...
1000  A2 00     ENTREE  LDX # $00         ;X=0
1002  B5 00     BOUCLE  LDA ZONE1 ,X      ;ZONE1 + X DANS ACC
1004  9D 00 20         STA ZONE2 ,X      ;TRANSFERT EN ZONE2 + X
1007  E8               INX               ;X=X+1
1008  E0 FF            CPX # $FF         ;X=256 ?
100A  D0 F6            BNE BOUCLE        ;SINON BOUCLE
100C  60               RTS               ;FIN PROGRAMME
```

Ce type de programme sera rencontré très souvent mais présente un inconvénient majeur car on ne peut manipuler qu'un maximum de 256 octets. Aussi, nous vous proposons un autre programme qui permet l'emploi d'index sur 16 bits.

Transfert de mémoire avec index 16 bits.
Il permet, dans l'exemple qui va suivre, de transférer les 1024 premiers octets de mémoire en $2000 et suite, grâce à l'emploi de l'adressage postindexé par Y.

```
0000              ;TRANSFERT DES 1024 PREMIERS
0000              ;OCTETS DE LA MEMOIRE
0000              ;...
0000              ZONE1   =$0000    ;ZONE DE DEPART
2000              ZONE2   =$2000    ;ZONE D'ARRIVEE
0000              POINT1  =$00      ;POINTEUR ZONE DE DEPART
0002              POINT2  =$02      ;POINTEUR ZONE D'ARRIVEE
0000              ;...
0000              *       =$1000
0000              ;...
1000  A9 00     ENTREE  LDA # <ZONE1          ;PREPARE POINT1
1002  85 00             STA POINT1
1004  A9 00             LDA # >ZONE1
1006  85 01             STA POINT1+1
1008  A9 00             LDA # <ZONE2          ;PREPARE POINT2
100A  85 02             STA POINT2
100C  A9 20             LDA # >ZONE2
100E  85 03             STA POINT2+1
1010  A0 00             LDY # $00         ;Y=0
1012  B1 00     BCLE1   LDA (POINT1),Y    ;ZONE1 DANS ACC
1014  91 02             STA (POINT2),Y    ;ACC EN ZONE2
1016  C8               INY               ;Y=Y+1
1017  C0 FF            CPY # $FF         ;Y=256 ?
1019  D0 F7            BNE BCLE1         ;SINON BCLE1
101B  E6 01             INC POINT1+1          ;PAGE SUIVANTE
101D  E6 03             INC POINT2+1          ;IDEM
101F  A5 01             LDA POINT1+1
1021  C9 04             CMP # $04         ;PAGE 4 ATTEINTE ?
1023  D0 ED            BNE BCLE1         ;SINON BCLE1
1025  60               RTS               ;FIN PROGRAMME
```

Ce programme est certes plus long que le premier mais présente l'avantage de permettre l'accès à toute la mémoire en jouant sur la valeur des variables ZONE1, ZONE2 et sur le test situé en $1021 (CMP # $..).
Le fonctionnement du programme est assez simple : la première boucle ($1012 à $1019) permet de transférer 256 octets soit une page-mémoire. Cela fait, on incrémente les pointeurs vers les zones-mémoire considérées et on reboucle en BCLE1 tant qu'on n'a pas atteint le nombre de pages-mémoire voulu.

Traitement de chaîne de caratères.
Ce troisième et dernier programme a pour but de remplacer par des espaces tous les caractères non ASCII contenus dans une chaîne de caractères et d'écrire celle-ci sur l'écran de l'ordinateur. L'indicateur de fin de chaîne est supposé être le caractère «@» et la longueur maxi de 80 caractères. Les adresses indiquées dans ce programme sont tout à fait arbitraires et devront être adaptées au matériel utilisé. Rappelons pour en terminer que les codes ASCII standard sont compris entre 0 et 127 ($7F).

```
0000              ;PROGRAMME DE CODAGE D'UNE CHAINE
0000              ;DE CARACTERES AVEC TRANSMISSION
0000              ;VERS LA MEMOIRE D'ECRAN
0000              ;...
0200              CHAINE  =$0200    ;DEBUT CHAINE DE CARACTERES
8000              ECRAN   =$8000    ;MEMOIRE D'ECRAN
0020              BLANC   =$20      ;CODE ASCII ESPACE
0050              LONMAX  =$50      ;LONGUEUR MAXI CHAINE = 80
0000              ;...
0000              *       =$1000
0000              ;...
1000 A2 00 00  ENTREE  LDX # $00         ;COMPTEUR A ZERO
1002 BD 00 02  BOUCLE  LDA CHAINE,X      ;CARACTERE DANS ACC
1005 C9 40             CMP # "@"         ;FIN DE LA CHAINE ?
1007 F0 0E             BEQ RETOUR        ;SI OUI > RETOUR
1009 20 18 10          JSR CODAGE        ;TRAITEMENT CARACTERE
100C 9D 00 80          STA ECRAN,X       ;TRANSFERT SUR L'ECRAN
100F 9D 00 02          STA CHAINE,X      ;TRANSFERT SUR CHAINE
1012                   INX               ;X=X+1
1013 E0 50             CPX # LONMAX      ;80 CARACTERES ?
1015 D0 EB             BNE BOUCLE        ;SINON BOUCLE
1017 60        RETOUR  RTS               ;FIN PROGRAMME
0000              ;...
1018 C9 80     CODAGE  CMP # $80         ;CODE ASCII ?
101A 30 02             BMI SUITE         ;SI OUI > SUITE
101C A9 20             LDA # BLANC       ;SINON ESPACE
101E 60        SUITE   RTS               ;RETOUR DU CODAGE
```

Ce type de programme sera très souvent rencontré et constitue une des applications les plus efficaces de la programmation en langage machine. A titre d'exemple, nous avons reconstruit ce programme en BASIC sur C.B.M. 4032 et le codage s'effectue en 3 secondes contre 3208 μs (microsecondes) en langage machine soit un gain en vitesse d'exécution de l'ordre de 1000 ! Si les résultats ne sont pas toujours aussi spectaculaires, la différence de rapidité est tout de même considérable et justifie à elle seule la nécessité de programmer en langage machine. Nous clôturons ici ce chapitre et vous donnons rendez-vous au mois prochain pour l'étude des techniques d'interfaçage et la conclusion de cette série d'articles consacrés au 6502. ■

Philippe Wallaert

ALGEBRE DE BOOLE

Un précédent article de J.-C. Hanus a présenté les bases de l'algèbre de Boole et ses principaux axiomes. Rappelons brièvement les idées force de cet article avant d'étudier le principe de dualité et ses conséquences.

Une algèbre de Boole est un treillis distributif complémenté, c'est-à-dire une *structure ordonnée* dotée de deux lois de composition appelées OU ou disjonction (et notée +) et conjonction ET (notée •) et munie d'une relation d'ordre notée ≤ (exemple : 0 ≤ 1). Rappelons les propriétés d'un treillis distributif complémenté, T, pour tout élément x, y, z appartenant à T.

1. Idempotence : $x + x = x$ et $x \cdot x = x$
2. Commutativité : $x + y = y + x$ et $x \cdot y = y \cdot x$
3. Associativité : $x + (y + z) = (x + y) + z$ et $x \cdot (y \cdot z) = (x \cdot y) \cdot z$
4. Absorption : $x + (x \cdot y) = x$ et $x \cdot (x + y) = x$
5. Distributivité : $x \cdot (y + z) = (x \cdot y) + (x \cdot z)$
6. Elément nul 0 et élement universel 1.

LA DUALITÉ

7. Complément : $x \cdot \bar{x} = 0$, $x + \bar{x} = 1$, $(\bar{\bar{x}}) = x$
8. Ordre : $x \leq y \Leftrightarrow x + y = y$ et $x \cdot y = x$.

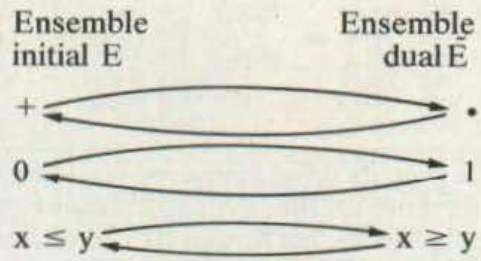
Ce rappel étant fait, passons à la dualité dans l'algèbre de Boole.

Principe de dualité

Il s'agit ici d'une des plus importantes propriétés de l'algèbre de Boole car on la retrouve dans la symbolisation, dans les schémas et dans la technologie associée. Ce principe de dualité peut s'énoncer ainsi : toute propriété déduite du système d'axiomes (1, 2, 3, 4) et de la définition de la relation d'ordre ≤, reste valable après permutation

— de l'opération + et •
— de l'opération • et +
— de ≤ et ≥
— de l'élément nul 0 et de l'élément universel 1

ce que l'on peut synthétiser de la manière suivante, où $\tilde{E}$ se lit «E tilde» :



Ce principe peut se résumer par la relation de dualité

$$\tilde{F}(x, y, \ldots) = \overline{F}(\bar{x}, \bar{y}, \ldots)$$

Ce principe et sa relation fondamentale permettent de passer, pour une même fonction :

— de sa forme conjonctive à sa forme disjonctive et vice versa
— d'une logique dite positive (et où $0 < 1$ signifie que 1 est plus positif que 0) à une logique dite négative (et où $1 > 0$ signifie que 0 est plus négatif que 1) ainsi qu'on le verra dans la convention fixant les états d'un circuit technologie.

Voyons un exemple simple, le théorème de Morgan : de $F = x \cdot y$, il vient $\tilde{F} = x + y$; $\overline{F}(\bar{x}, \bar{y}) = \overline{\bar{x} \cdot \bar{y}}$ d'où

$$x + y = \overline{\bar{x} \cdot \bar{y}}$$

De $F = x + y$ il vient $\tilde{F} = x \cdot y$; $\overline{F}(\bar{x}, \bar{y}) = \overline{\bar{x} + \bar{y}}$ d'où

$$\overline{\bar{x} + \bar{y}} = x \cdot y$$

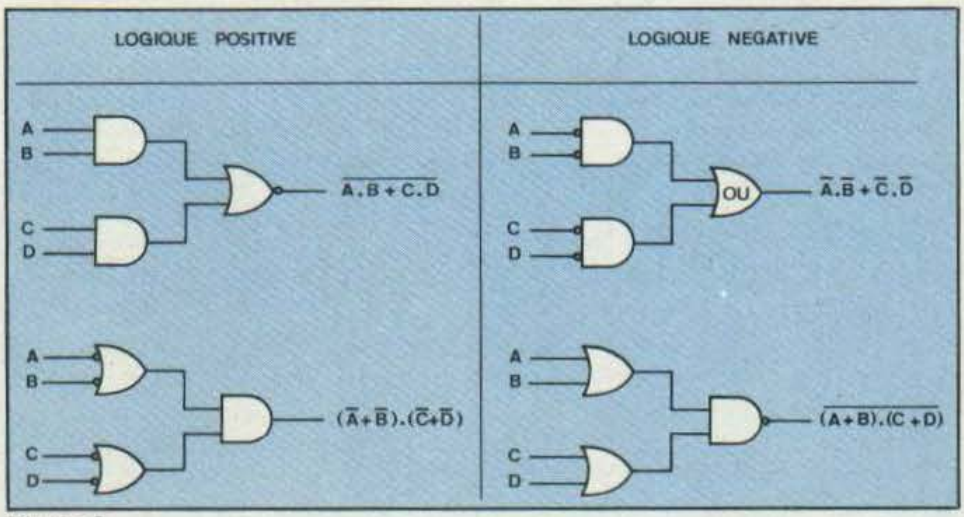


Figure 2.

Il s'agit là d'une passage de la forme conjonctive à la forme disjonctive et vice versa.

Voyons un autre exemple un peu plus complexe : le circuit TTL 7451 dont le constructeur donne le logigramme en logique positive indiquant qu'il s'agit d'un ET OU NON (fig. 1), c'est-à-dire qu'en attri-

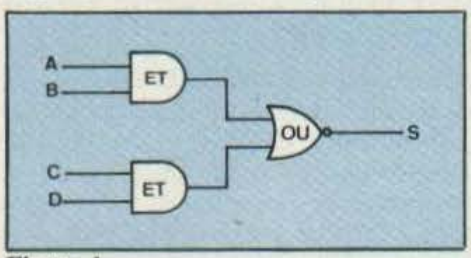


Figure 1.

buant la valeur logique 1 à l'état haut et la valeur logique 0 à l'état bas, l'équation de ce circuit 7451 est :

$$S = \overline{A \cdot B + C \cdot D}$$

Proposons-nous de trouver la forme conjonctive en logique positive et les deux formes (conjonctive et disjonctive) en logique négative (donc où 1 est associé au niveau bas et 0 au niveau haut).

La relation fondamentale de dualité nous donne deux formes pour la fonction duale (donc la fonction en logique négative)

$$\hat{S} = \overline{(\overline{A} + \overline{B}) \cdot (\overline{C} + \overline{D})}$$
$$= \overline{A} \cdot \overline{B} + \overline{C} \cdot \overline{D}$$

On peut appliquer une seconde fois cette relation pour trouver les deux formes de la fonction initiale (donc de la fonction en logique positive)

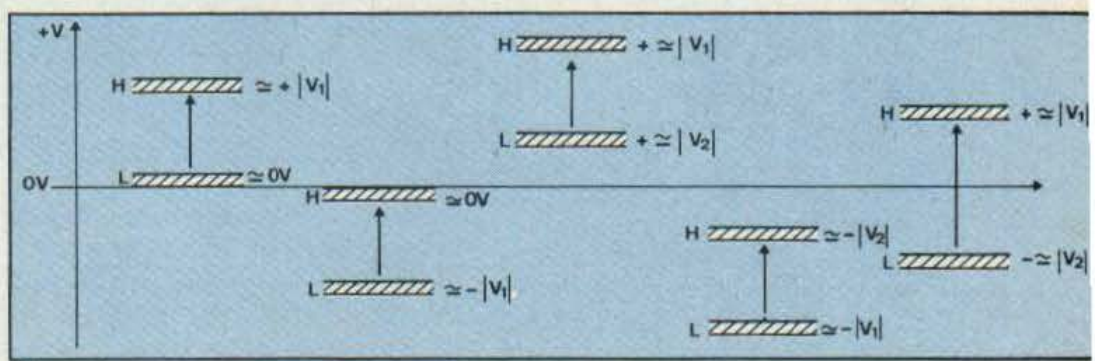


Figure 4.

$$S = \hat{S} = \overline{\overline{A} \cdot B + C \cdot \overline{D}}$$
$$= (\overline{A} + \overline{B}) \cdot (\overline{C} + \overline{D})$$

On en déduit les 4 logigrammes de la figure 2, équivalents deux à deux. On pressent donc déjà l'importance de ce principe de dualité puisqu'on vient de l'appliquer à l'algèbre (Morgan), à la technologie (7451) et aux logigrammes de représentation (ou schémas logiques).

Aspect technologique de la dualité.

Le circuit logique.

C'est un ensemble technologique réalisant à sa sortie (fig. 3), une fonction booléenne de ses entrées :

$S = F(E_1, E_2 \ldots)$

sous réserve que l'on dote cet ensemble technologique des mêmes

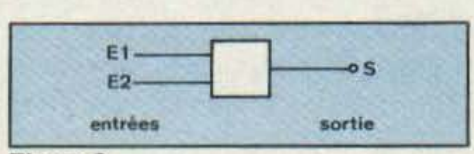


Figure 3.

lois et définitions qu'une algèbre de Boole. Ceci ne peut se faire que par convention.

La dualité des conventions fixant les états.

Technologiquement, en électronique, les circuits réagissent, sur leurs entrées, et fournissent, sur leurs sorties, des niveaux de potentiels repérés par rapport à une origine arbitraire appelée le niveau 0V (potentiel de la masse de l'appareil).

Les circuits binaires, réagissant et fournissant deux types de niveaux, se classent toujours dans l'un des cas de la figure 4 où chaque zone hachurée représente un domaine de potentiel, compris entre un mini et un maxi, assurant un fonctionnement correct et sûr.

On remarque, dans tous les cas de figure, un niveau plus positif (ou plus haut) et un niveau plus négatif (ou plus bas).

C'est sur ces deux niveaux que l'on définit une relation d'ordre rendant la fonction entrée/sortie, du circuit, booléenne.

— Convention 1 ou dite de logique positive : le niveau haut (H) est le plus positif soit la relation d'ordre $L < H$

— Convention 2 ou dite de logique négative : le niveau (L) est le plus négatif soit la relation d'ordre $H > L$

Notez qu'il ne faut pas confondre «signe» de la logique et signe de la tension utilisée. Il va de soi que ces conventions sont duales et qu'un même circuit (ou opérateur) logique fera, par dualité conjonction/disjonction, ce que l'on a représenté en figure 5.

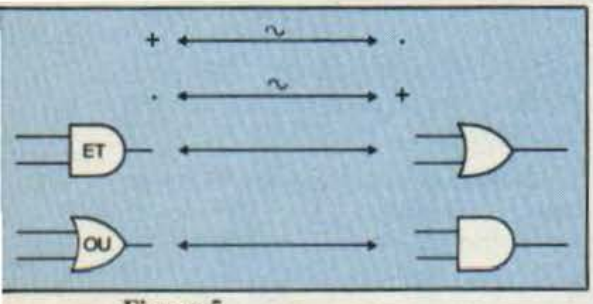
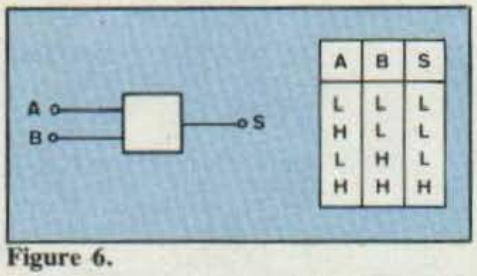


Figure 5.

La symbolisation d'un opérateur technologique.

Il existe un moyen simple et universel de décrire un circuit logique, c'est de donner sa table de niveaux (fig. 6) : ce mode de description ne



A	B	S
L	L	L
H	L	L
L	H	L
H	H	H

Figure 6.

préjuge, en effet, d'aucune façon de la convention qui sera adoptée. Chaque table de niveau donne lieu à deux tables de vérité suivant la convention choisie et donc à deux fonctions duales (fig. 7).

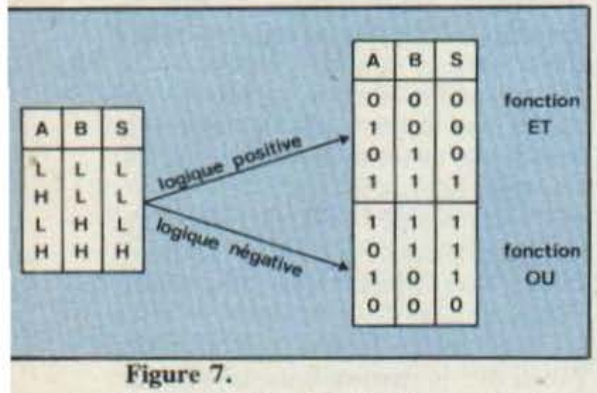


Figure 7.

En revanche, le fait d'associer à un circuit donné une fonction ou un symbole fonctionnel préjuge de la convention. Ainsi, le circuit décrit sera représenté comme figure 8 dans certains catalogues, ce qui

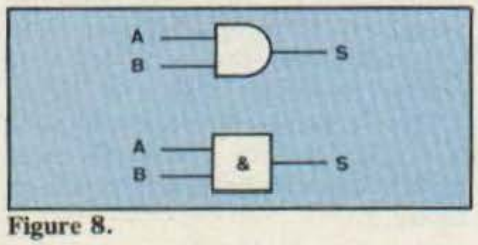


Figure 8.

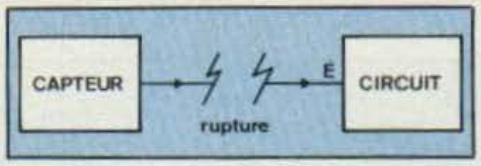


Figure 9.

un capteur (fig. 9). Exemple : soit une fonction F réalisée en technologie TTL (extraction de courant) et commandée par un interrupteur de position (fig. 10) : si l'on veut un 0 logique (pas de commande) à l'en-

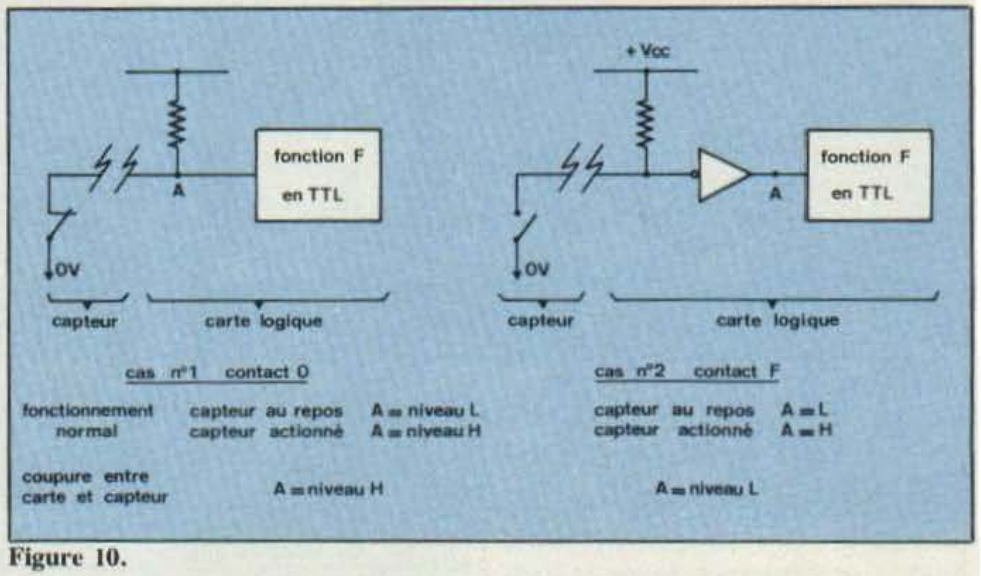


Figure 10.

suppose, implicitement, le choix de la convention de logique positive.

Choix d'une convention et d'une technologie

Au départ de la conception d'un automatisme se posent les problèmes du choix, de la technologie, de la convention de logique (positive ou négative), du point de masse (c'est-à-dire tension positive ou négative). Ces choix ne sont guère faciles, néanmoins les considérations qui suivent permettent d'en mieux cerner les critères.

Un automate, comme toute machine, a une double vocation : celle (prioritaire) de fonctionner correctement (aspect fiabilité) et celle qu'on minimise qui est de tomber en panne (aspect «maintenabilité). Dans la conception des automates industriels on pense, en général dès le départ, à se prémunir contre deux types de pannes courantes : le fil coupé ou débranché et la mise à la masse (ou court-circuit avec la masse).

La sécurité de fil coupé.

Elle consiste à éliminer les commandes intempestives de circuit en cas de rupture de connexion avec

trée de la fonction F dans le cas d'une coupure, il faudra choisir le montage n° 1 et une logique négative ou alors le montage n° 2 et une logique positive.

La sécurité de mise à la masse.

La mise à la masse accidentelle d'un fil ou d'une connexion doit se traduire par la neutralisation de la commande concernée et donc (fig. 11) l'entrée E du circuit doit

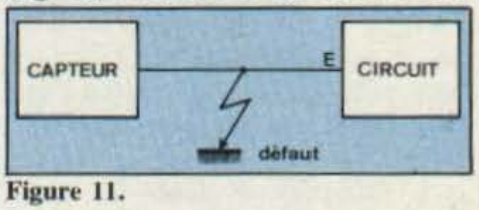
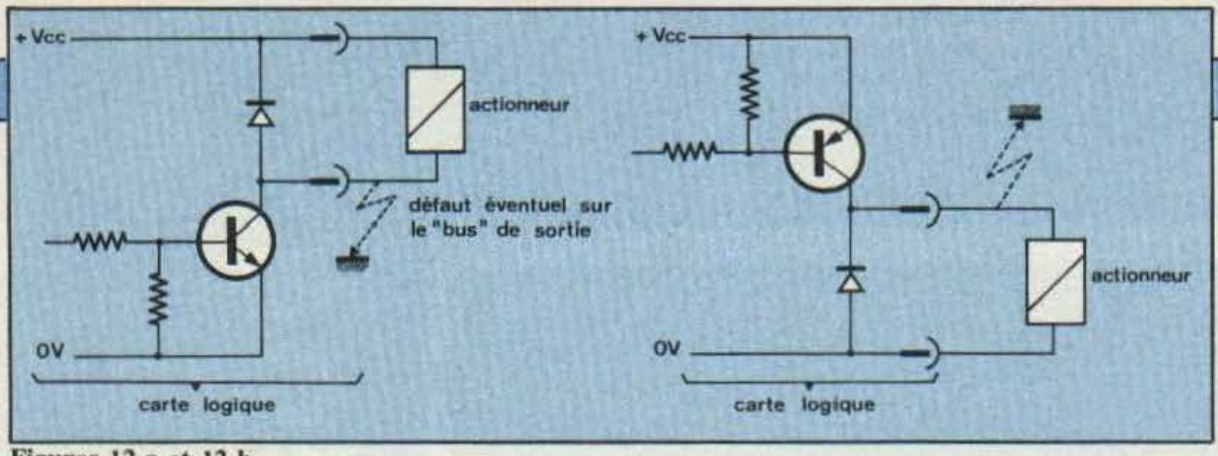


Figure 11.

«voir» une valeur logique 0 ce qui impose que le niveau de la masse représente la valeur logique 0. Par ailleurs les organes actionneurs commandés (relais, moteur continu, électrovanne etc.) le sont souvent par l'intermédiaire d'interfaces amplificateurs à transistor NPN (fig. 12). Un défaut sur le «bus» de sortie (court-circuit sur la masse) ne doit pas activer l'actionneur ce qui suppose, dans ce cas, que ce soit + Vcc qui soit relié à la masse (il faut alors protéger le transistor). On travaille donc avec des tensions négatives par rapport à la



Figures 12 a et 12 b.

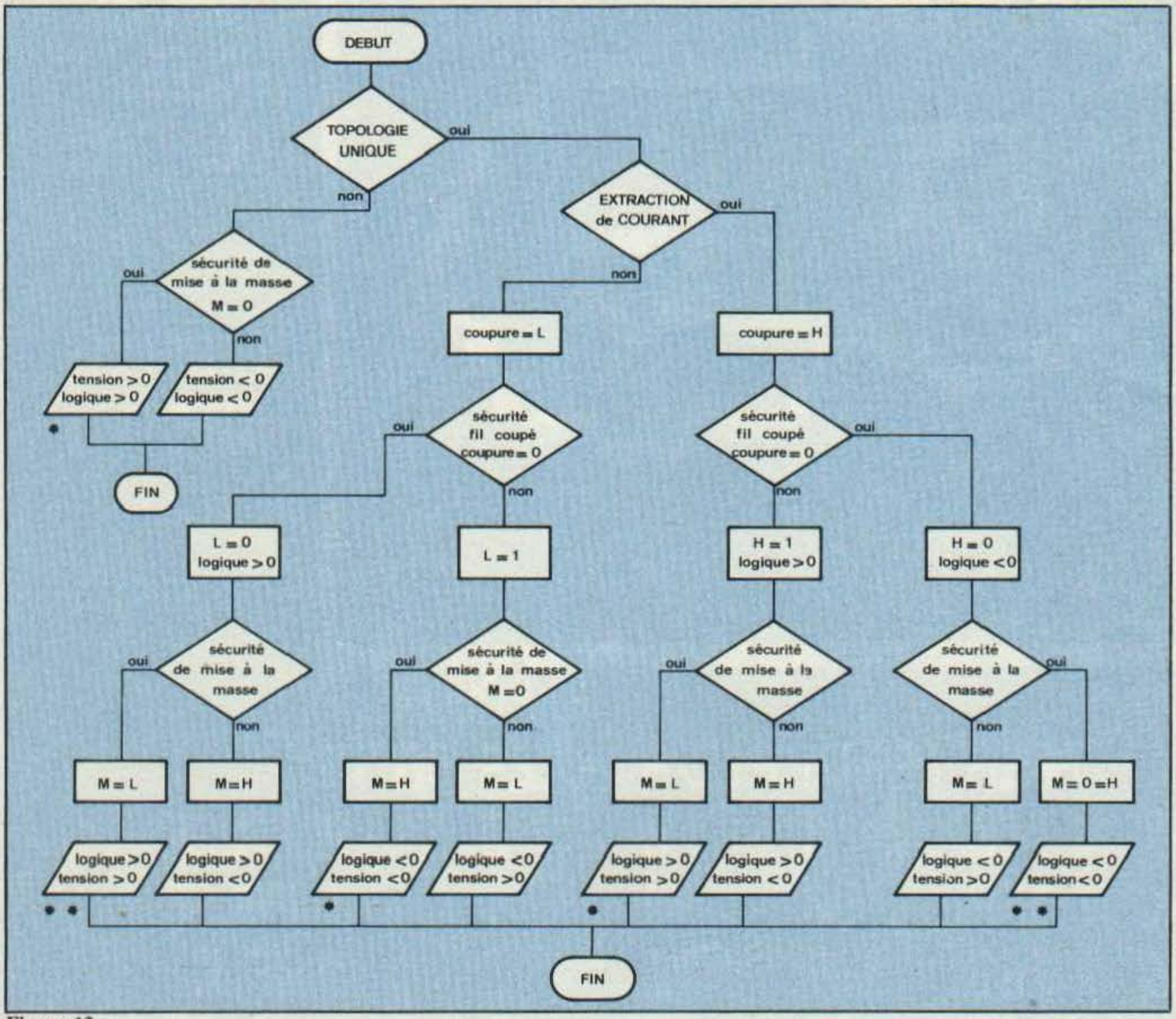


Figure 13.

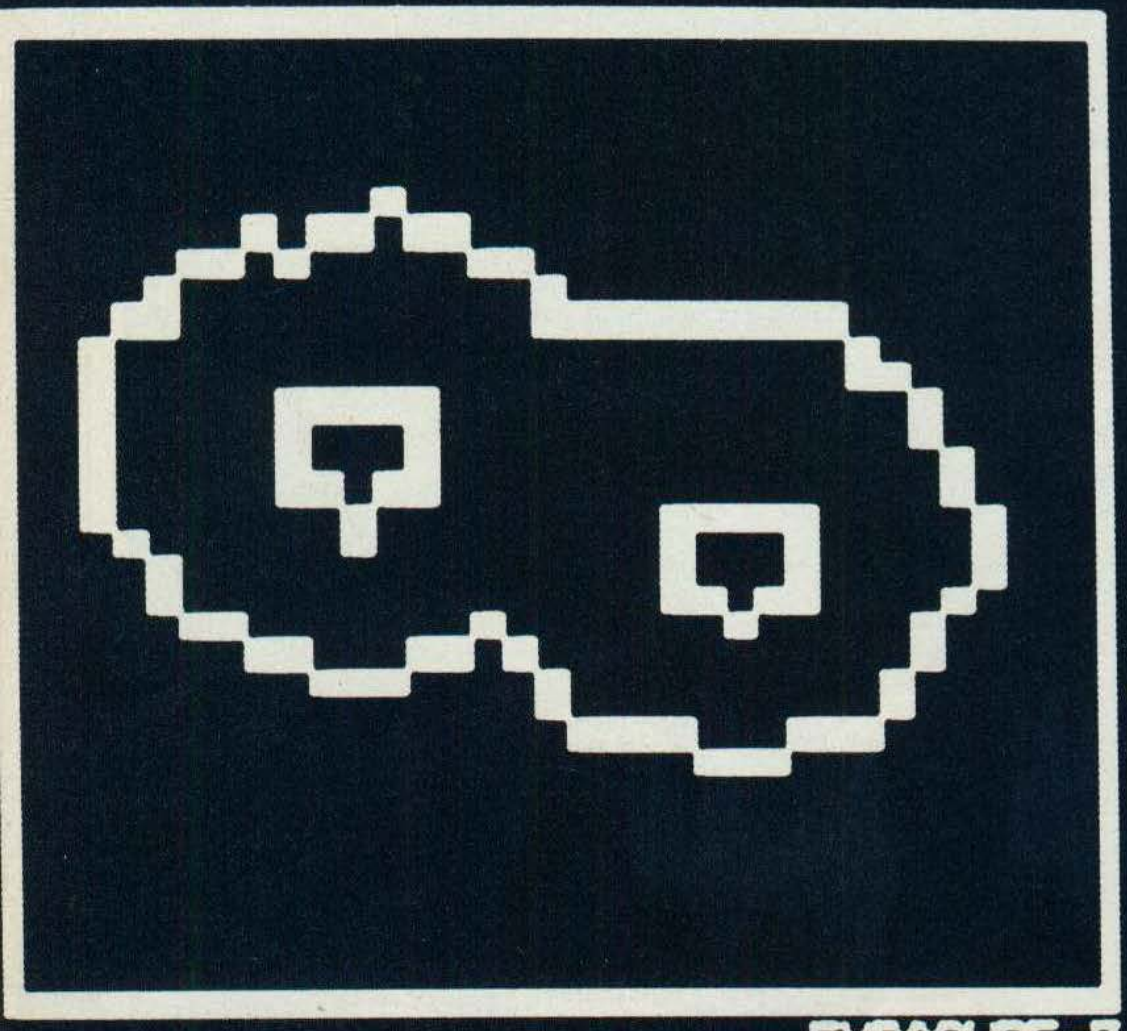
masse. Le même raisonnement tenu sur un amplificateur à transistor PNP amènera à choisir une tension positive par rapport à la masse (masse = 0V), (fig. 12b).

Le guide de choix

Il est résumé dans l'organigramme de la fig. 13. Les solutions avec astérisques sont les plus courantes et parmi elles, celles à deux astérisques sont les plus sécurisantes. Il faut noter que la topologie mixte (C/MOS par exemple) ne permet pas le choix de telle ou telle convention vis-à-vis de la sécurité de fil coupé et que les choix logique > 0 et tension > 0 d'une part, logique < 0 et tension < 0 d'autre part, reposent sur le bon sens et la facilité de mise en œuvre. ■

William Verleyen

*** COLVIS VISION PROCESSOR ***



AREA: 294
PERIMTR: 140
PSQR/A: 67
HOLES: 2
OBJECTS: 1

CTRD(X): ?
CTRD(Y): ?

EXPOSURE:7

	AREA	PERIM	P*2/A	HOLES	OBCTS	
BLNK	0	0	0	0	0	FALSE
1RNG	128	80	50	1	1	FALSE
2RNG	263	138	72	2	1	TRUE
3RNG	397	204	105	3	1	FALSE
PCUP	311	84	23	0	1	FALSE

COLVIS COMMAND:_

L'ŒIL DU ROBOT

Problème capital : doter une machine de sens, de la vision si possible... Ulysse s'y emploie, au moindre coût.

L'aventure robotique commence à peine et, pourtant, les progrès sont si rapides et considérables, que l'esclave mécanique qui parle, pense, et voit, ne semble se trouver qu'à quelques kilo-octets des monstres répétitifs des industries multinationales. Les premiers robots qui équipent depuis quelques années l'industrie automobile, ne se différencient d'une machine de l'ère de la mécanique que par leur capacité d'adaptabilité. Un changement de fabrication ne nécessite plus une restructuration complète de l'usine.

Le robot devient, dès lors, capable d'apprendre une tâche et de la répéter parfaitement. On est loin des rêves des auteurs de science-fiction, et pourtant ! Imaginez un cerveau humain, incapable de voir, d'entendre, ou de sentir quoique que ce soit ; il est évident que l'intelligence au sens habituel du terme dépend entièrement de la capacité à saisir son propre environnement. Un robot ne peut paraître «intelligent» s'il est incapable d'acquérir directement des informations sur sa position ou son milieu ambiant. La recherche qui mène au prototype du robot humanoïde passe évidemment par la mise au point de capteurs spécifiques (capteurs de force, de position, capteurs tactile, sonore ou visuel). Si vous donnez à un robot la faculté de percevoir et d'acquérir des informations, vous entrez dans le domaine de l'intelligence artificielle.

L'intérêt en est considérable : la programmation devient plus facile pour l'utilisateur et la machine devient capable de capter son propre environnement pendant qu'elle exécute une opération ce qui lui permettra, par exemple, d'éviter un obstacle, automatiquement, sans aucun programme spécifique.

Avec un système de perception visuelle un robot peut distinguer un objet et agir en fonction des informations qu'il en reçoit. Aussi dans l'industrie, il peut identifier et rejeter automatiquement les pièces défectueuses tout au long de la chaîne de montage ou, par exemple, disposer des composants sur une carte électronique.

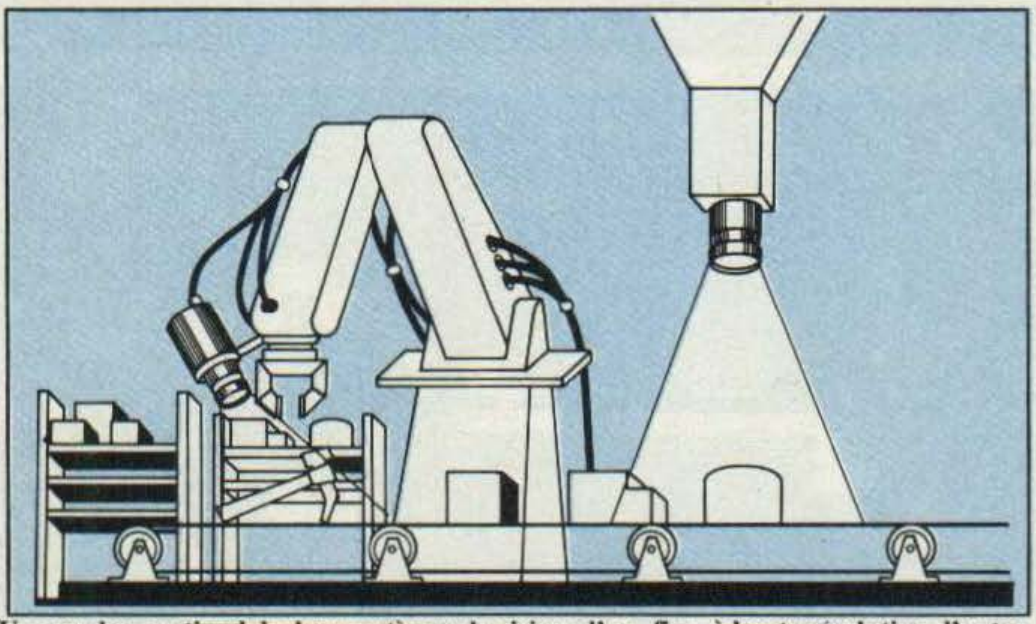
Il peut en outre arrêter une chaîne de montage en cas de situation anormale ou dangereuse. Bien évidemment, les capteurs, en général, et les systèmes de vision, en particulier, vont jouer un rôle prépondérant dans la percée technologique de la robotique.

Comment un robot voit-il ?

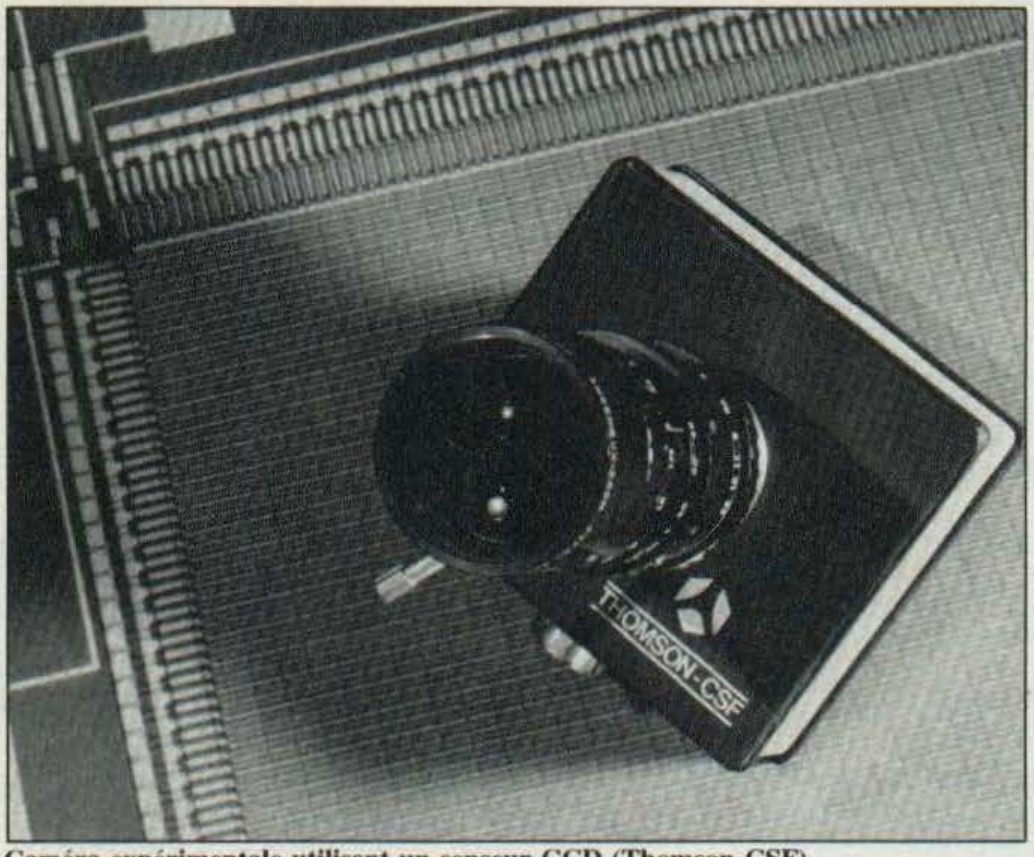
La vision humaine ou animale met en jeu deux organes : l'œil qui acquiert une information et le cerveau qui la traite. Ni l'œil, ni le cerveau, ne peuvent voir séparément.

De même, pour qu'un robot voie, il doit être équipé de moyens d'acquérir et de traiter l'information. Une caméra couplée à un ordinateur est une configuration évidente pour acquérir et traiter des informations visuelles.

La caméra répond à la plupart des perceptions visuelles, mais la technologie des ordinateurs reste encore loin derrière. L'idéal serait que l'ordinateur comprenne l'image de



Un couplage optimal de deux systèmes de vision : l'un, fixe, à haute résolution, l'autre, mobile et rapide, à basse résolution.



Caméra expérimentale utilisant un senseur CCD (Thomson-CSF).

la même manière que le cerveau humain et à la même vitesse. C'est-à-dire, qu'un objet reconnu une première fois, puisse l'être dans n'importe quel contexte de luminosité, couleur, ou position. Cependant, cette mémorisation nécessite des ordinateurs multiprocesseurs, très rapides et performants, et un énorme travail de recherche logicielle. Heureusement, la plupart des situations ne demandent pas un système de vision idéal, et le degré d'avance technologique dans ce domaine pourvoit à la quasi-totalité des applications industrielles. Examinons les différents procédés couramment employés aujourd'hui.

Capteur de vision

Vous connaissez bien le capteur visuel le plus élémentaire : la cellule photo-électrique. Une simple cellule de ce type est capable de saisir une information à un instant donné. Bien évidemment, une vraie reconnaissance de forme nécessite un traitement de plusieurs informations, rapidement, et l'utilisation des caméras se révèle souvent indispensable. Si la caméra vidéo répond bien au critère d'utilisation, ce système reste, cependant, très fragile et difficile à interfacer.

Un nouveau composant est venu à la rescousse des simples tubes, la caméra C.C.D. (charge coupled device), moins fragile en milieu industriel et plus facile à interfacer.

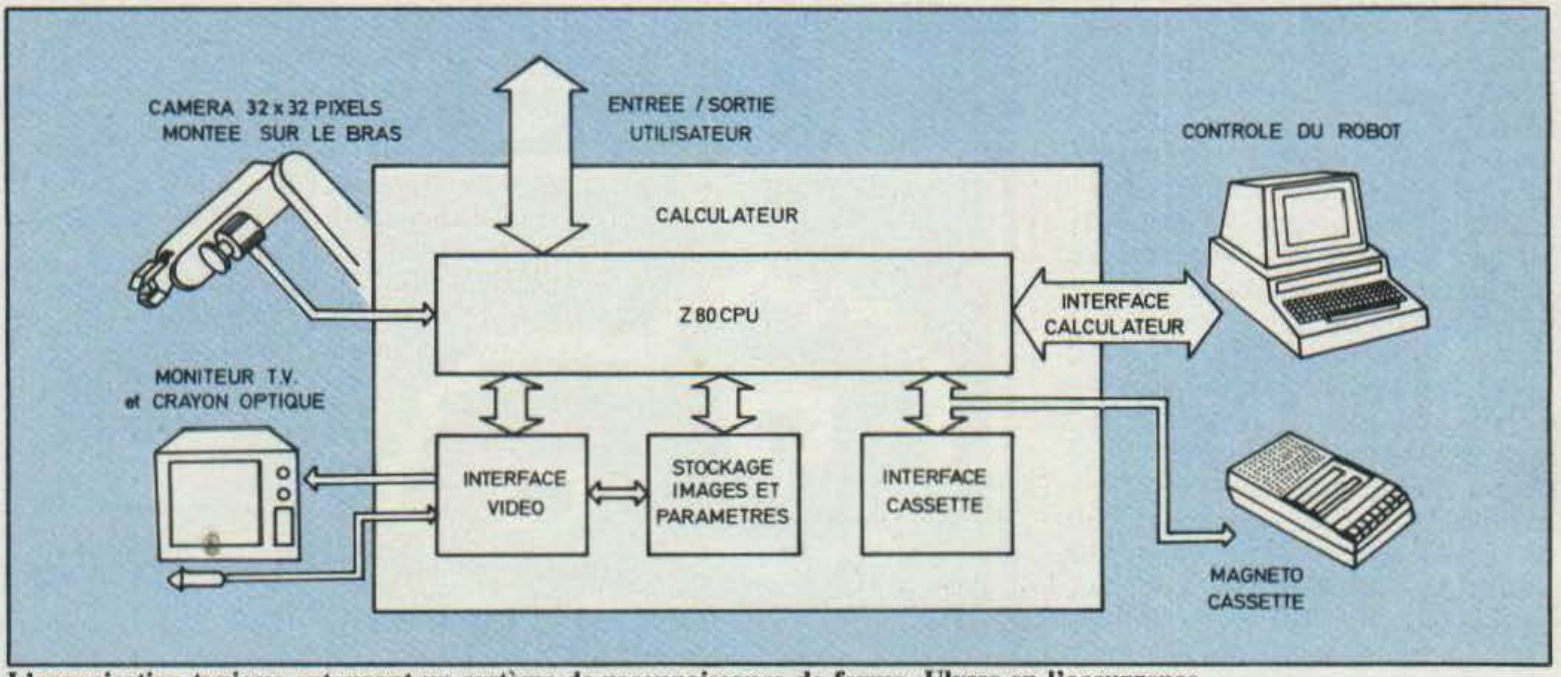
Base de la vision

Les systèmes de vision peuvent varier considérablement, mais un certain nombre de techniques sont communes.

Avant de traiter une image, celle-ci doit être convertie sous une forme compréhensible par l'ordinateur. Cette conversion est connue sous le nom de digitalisation. On transforme une image en une multitude de petits carrés ou pixels, afin que chacun d'eux puisse être rangé dans une mémoire sous la forme d'un nombre. Pour une image utilisant une échelle de gris, la valeur du pixel est appelée niveau de gris et est inversement proportionnelle à la luminosité de la portion d'image représentée par ce pixel. Pour une image binaire, la valeur du pixel est zéro ou un, ces deux valeurs s'articulant autour d'un seuil de luminosité, en dessous duquel le processeur considère que le pixel est éteint, et au-dessus duquel il est allumé (zéro ou un). L'image stockée correspond alors à une silhouette.

La résolution d'un système se mesure en nombre de pixels. Plus la résolution est grande, plus l'image est détaillée. Une image de 256 x 256 pixels soit 65536 pixels dépasse la capacité mémoire de la plupart des micro-ordinateurs du marché.

Pour tourner la difficulté, la technique la plus couramment utilisée est le «run length encoding», c'est-à-dire un système d'encodage compact. Le processeur mémorise des nombres correspondant aux nombres de pixels adjacents ayant la même valeur ainsi que la valeur de



L'organisation typique entourant un système de reconnaissance de forme, Ulysse en l'occurrence.

ces pixels ce qui économise considérablement la place mémoire, spécialement pour les images binaires en haute résolution. Nous allons voir les deux techniques représentatives de la technologie existante.

Haute résolution : système en échelle de gris

C'est le système le plus sophistiqué et avec lequel on peut extraire le maximum d'informations à partir d'une image. La résolution est couramment de 100.000 pixels, avec 256 niveaux de gris différents. L'image digitalisée est traitée par l'ordinateur (souvent par plusieurs processeurs) pour déterminer la forme, la taille, la position et l'orientation d'un objet ou des objets dans le champ de la caméra. L'ordinateur conserve en mémoire des indications relatives à la forme : nombre de coins, surface, nombre de trous, centre géométrique, etc. Les constrastes permettent de distinguer certaines informations invisibles à l'œil nu comme, par exemple, les ruptures de circuits des cartes électroniques.

Un tel système peut orienter la tâche du robot, mais en haute résolution, il se trouve limité par sa lenteur. En outre, la vision en trois dimensions en est à ses balbutiements et les effets de variation de lumière sont difficiles à contrôler d'où la nécessité d'une caméra fixe et d'une luminosité constante. Les avantages liés à la haute résolution (précision en particulier) sont contre-balancés par sa lenteur, son poids, et surtout son coût (fréquemment plus de 100.000 francs).

Depuis peu, il existe une alternative qui minimise le coût et la complexité du traitement d'image. En réduisant la résolution et en traitant une image binaire, on arrive à baisser substantiellement les prix puisque les caméras C.C.D. sont meilleur marché et que les problèmes d'interface s'avèrent plus faciles à résoudre (la caméra envoie directement une information binaire). Par ailleurs le traitement logiciel est simplifié (aucun traitement de niveau de gris, diminution du nombre de pixels à traiter) et, par conséquent, on gagne en rapidité : pratiquement l'image est traitée à une vitesse comparable à celle nécessaire au robot pour exécuter un déplacement. En contrepartie, la capacité de reconnaissance se trouve, bien évidemment, limitée à quelques critères (l'aire, le périmètre, le nombre de trous, le centre géométrique, par exemple).

De plus, ces caméras sont si légères qu'on peut les monter directement sur le haut du bras du robot. Le robot sélectionne son champ de vision en déplaçant son bras vers l'objet. De tels systèmes, à basse résolution, à faible prix et simples à mettre en œuvre, sont très populaires auprès des hobbiistes et des pédagogues. Moins sophistiqués que leurs aînés à haute résolution, ils travaillent cependant avec des techniques assez similaires.

Basse résolution : le système Ulysse

Cette technologie, toute neuve, est encore rare sur le marché. Je me contenterai de vous annoncer la venue prochaine d'un tel produit : le système Ulysse qui sera bientôt commercialisé (pour un prix voisin de 15.000 francs) par Multisoft Robotique. A la base, une caméra de type CCD avec une matrice de 32 x 32 points : le traitement de l'image s'effectue grâce à un processeur Z 80. L'interfaçage avec l'ordinateur de commande du robot est de type RS232 ou parallèle. Le système est vendu avec un logiciel en EPROM déterminant la position, l'orientation et l'identité de l'objet. Les commandes disponibles sont : acquisition de données et traitement de l'image (incluant l'extraction de forme, et l'apprentissage/reconnaissance).

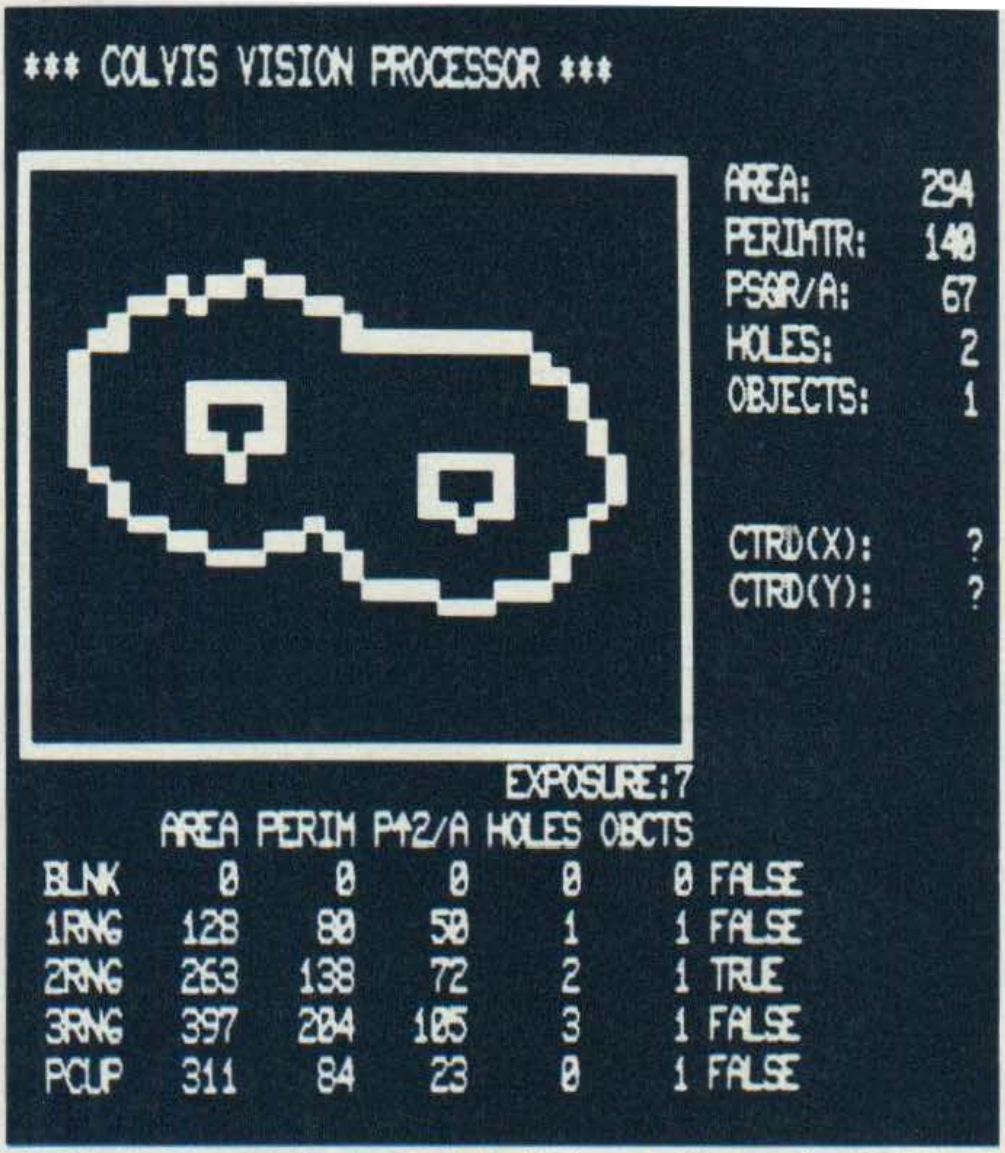
Huit figures stockées permettent, par comparaison avec l'image en présence, une véritable reconnaissance. Chaque image mémorisée est associée aux paramètres suivants : aire, périmètre, périmètre

carré/aire, nombre de trous, nombre d'objets, centre géométrique distance géométrique du pixel le plus éloigné du centre géométrique, angle d'inclinaison de l'axe passant par le centre géométrique et par le point le plus éloigné de ce centre, angle d'inclinaison de l'axe passant par le centre géométrique et par le point le plus proche de ce centre.
Les mesures sont effectuées de manière à ce que le système opère à sa vitesse maximum. On peut conserver tous les paramètres de reconnaissance ou sélectionner certains d'entre-eux. Chaque image stockée est associée à un nom et chaque paramètre possède une marge de tolérance variable. Les objets peuvent être «appris» ou effacés, sauvegardés sur cassette ou disquette. Quand la commande de reconnaissance est en fonction, les objets précédemment appris sont comparés, paramètre après paramètre, avec l'image en présence sur l'écran de contrôle. Si tous les paramètres tombent à l'intérieur de la marge de tolérance, l'objet est reconnu et le robot peut commencer sa tâche.
Le système Ulysse, relativement simple à utiliser, se caractérise par une grande rapidité ; il est idéal pour les applications pédagogiques et très intéressant pour de nombreuses applications industrielles (son prix le met à la portée des hobbiistes vraiment passionnés...).

Le futur

Je me suis pris à rêver, mais je ne crois guère à l'esclave-robot-humanoïde, du moins dans un avenir proche. En revanche, dans un futur à moyen terme, on trouvera à des prix voisins des machines actuelles, des aspirateurs qui, se jouant de tous les obstacles, nettoieront la maison en notre absence, des voitures automatisées à l'extrême, des tondeuses à gazon qui travailleront seules et que sais-je encore ! La vision artificielle nous réserve bien des surprises : celle, au moins, de nouvelles machines aux comportements étonnants. Nous en reparlerons...

A.G.



Première étape : mémorisation des caractéristiques de l'écran vide (BLNK) et de 4 objets (1 RNG, 2 RNG, etc.). Deuxième étape : Ulysse analyse l'objet (image encadrée) qu'il regarde; les paramètres apparaissent en haut et à droite de l'écran. Troisième étape : comparaison et rejet (false) de 4 possibilités parmi 5. Quatrième étape : Ulysse a reconnu l'objet et peut mettre le robot au travail.

Ulysse : caractéristiques techniques	
Caméra	
Type	CCD, 32 x 32 points
Champ de vision	22,4 degrés
Profondeur de champ	0,25 m à l'infini (focale à l'infini)
Focale	0,05 m à l'infini
Processeur	
Type	Z 80 A (4 MHz)
Interfaces	RS 232, parallèle, cassette, vidéo et UHF, clavier ou crayon optique (option), 3 ports I/0 (option)
Analyse et traitement	
Formes stockées	4 (à partir de la caméra)
Paramètres	9
Informations stockées	8, enregistrables sur cassette
Reconnaissance	matrice 8 x 4

TEST

IMPRIMANTE EPSON FX 80

Les imprimantes de haut niveau mêlent mécanique et logiciel performants : tel est le cas de cette Epson FX 80 et de sa dérivée, la RX 80.

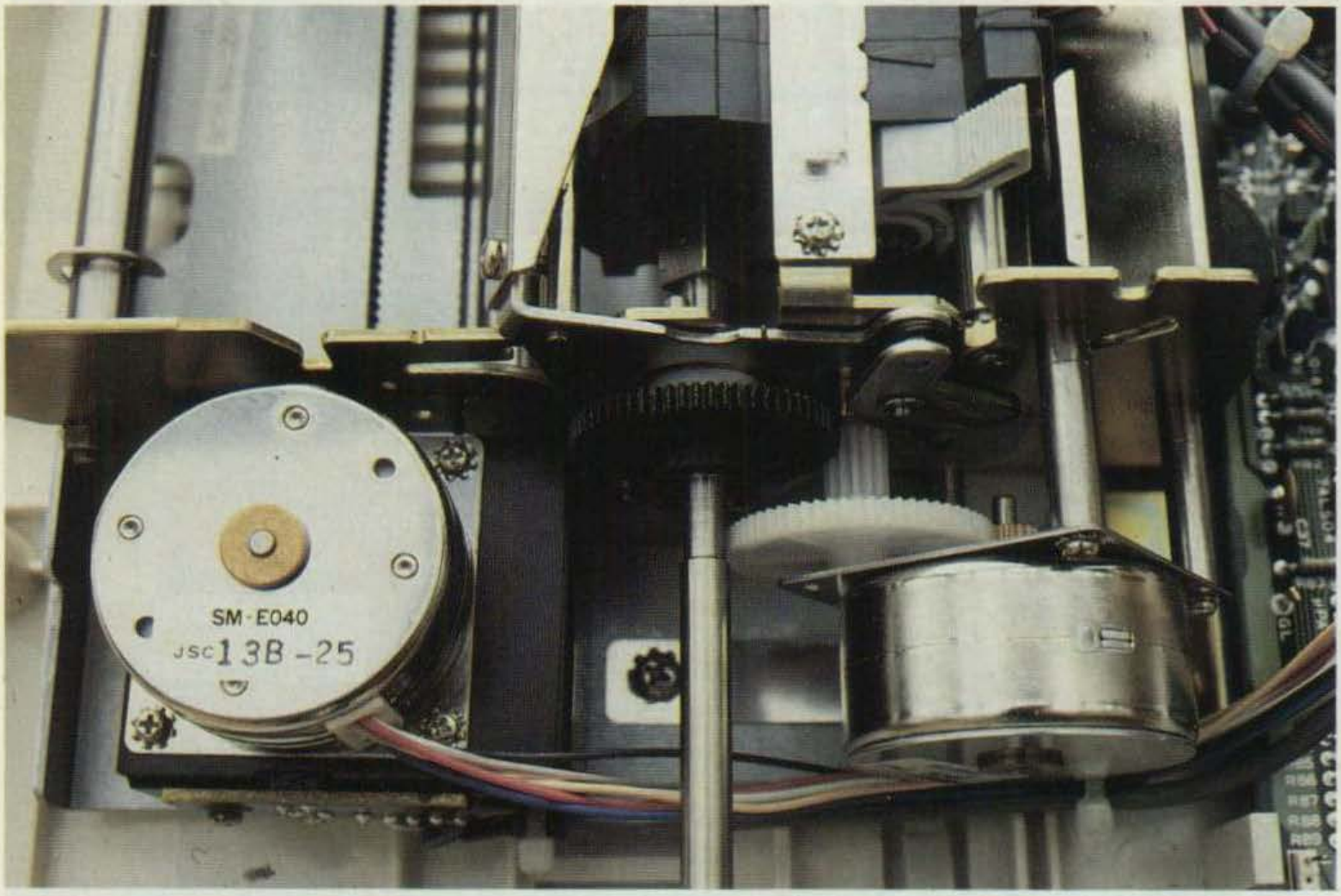
Voici quelques années, EPSON était une marque totalement inconnue du grand public français. Aujourd'hui, EPSON est un des plus importants, fabricants d'imprimantes du monde. Cet accroissement de notoriété spectaculaire ne s'est pas fait sans raison et la qualité de ses produits y est pour quelque chose. Si les toutes premières machines, telle la TX 80, ne se posaient pas en parangons, la fabrication a très vite progressé et l'imprimante objet de ce banc d'essais, est une vraie petite merveille. Le modèle que nous passons aujourd'hui au crible reste un «haut de gamme» et son prix le place hors de portée de bien des amateurs, ce qui n'altère en rien l'intérêt de ce banc d'essais car il s'applique aussi à une machine nettement moins coûteuse, la RX 80, dont les performances se révèlent identiques à celles de la FX 80, à trois détails près dont nous parlerons.

Généralités

L'imprimante FX 80 est une imprimante à aiguilles comme la majorité des machines à vitesse d'impression moyenne, c'est-à-dire comprise entre 30 et 240 caractères par seconde environ. La tête comporte neuf aiguilles ce qui permet d'obtenir des caractères très esthétiques et, en particulier, des minuscules à jambages descendants ce qui n'est pas le cas des machines à 5 aiguilles, par exemple. Le papier peut être à picots, comme tout papier informatique qui se respecte mais, sans aucune adjonction, on peut aussi travailler avec du papier normal, en rouleau ou en feuille à feuille.
L'interface montée d'origine est du type parallèle aux normes Centronics, choix logique pour une imprimante d'usage général. Une option permet d'utiliser cette machine en liaison série aux normes RS 232.
L'impression fait appel à un ruban encreur noir en cartouche dont la durée de vie atteint 2 à 3 millions de caractères. L'interligne est programmable de 1/216e à 255/216e de pouce ce qui permet d'obtenir toutes les tailles humainement souhaitables, les valeurs normalisées 1/6e et 1/8e de pouce étant pré-programmées. La vitesse d'impression atteint 160 caractères par seconde. La frappe est du type bidirectionnelle optimisée avec recherche du plus court trajet.
Un mode silencieux existe, principalement dû à la réduction à 80 caractères par seconde de la vitesse d'impression.
Le jeu de caractères apparaît quasiment illimité puisque, en plus des 96 caractères ASCII normalisés, 9 jeux de caractères internationaux sont accessibles par sélection au niveau de la machine ou par programme. De plus, on peut définir jusqu'à 256 caractères quelconques inscriptibles dans une matrice de 11 points sur 9 points. Ces caractères sont chargés dans la mémoire de la machine par le calculateur auquel elle est reliée.
Les modes et les tailles d'impression se révèlent extrêmement variés comme nous allons le voir au paragraphe afférent. Vous pouvez cependant en avoir un aperçu avec les quelques exemples joints à ce banc d'essais. Pour conclure cette présentation générale, précisons que cette machine ne pèse que 7,5 kilos et qu'elle ne mesure que 420 mm de long, 347 mm de profondeur et 100 mm de haut ; autant dire qu'elle occupe peu de place.
De plus, tant qu'elle n'imprime pas, elle reste silencieuse, aucun ventilateur n'y étant incorporé.

Un peu de technique

Nous n'allons pas, ici, faire un cours complet sur les imprimantes qui sortirait du cadre de ce banc d'essais ; nous allons simplement nous limiter à quelques petits rappels qui vont nous permettre de montrer comment EPSON a abordé certains problèmes.
Une imprimante à aiguilles se compose essentiellement d'une tête du même nom. Cette tête est un assemblage de n aiguilles disposées verticalement les unes au-dessus des autres et actionnées chacune par un électro-aimant. Si vous regardez les têtes de machines à aiguilles, vous pourrez apprécier la miniaturisation poussée à laquelle sont arrivés les fabricants. Ces aiguilles sont en métal très dur de façon à ce que leurs extrémités ne s'émoussent pas à force de frapper le papier. De plus, pour les actionner vite et avec vigueur, les électro-aimants sont assez puissants et nécessitent pas mal de courant ce qui justifie l'échauffement notable des têtes à aiguilles et explique l'aspect radiateur pour transistors de puissance de certaines d'entre elles.
Ces aiguilles viennent marteler le papier sous contrôle d'un programme de façon à former les caractères à reproduire verticalement. Le dessin complet des caractères est obtenu en déplaçant la tête de manière très précise horizontalement. Ce deplacement précis ne peut raisonnablement être obtenu qu'avec un moteur pas-à-pas et c'est la solution généralement adoptée sur les machines sérieuses.
Un dernier déplacement est à prévoir ; c'est celui du papier qui, dans les machines les plus simples, peut se mouvoir de bas en haut et qui, sur les machines plus perfectionnées, peut se mouvoir dans les deux sens (bas en haut et haut en bas).
La gestion de tous ces moteurs était, il y a quelques années encore, effectuée par de la logique câblée ce qui contribuait à faire de ces machines des monstres électroniques.
L'EPSON FX 80 n'innove pas au niveau des concepts de base exposés ; il faut en effet disposer de tous les éléments que nous venons d'évoquer pour constituer une imprimante. En revanche la machine se distingue sur d'autres points que nous allons voir.
Au niveau de la tête par exemple, et malgré la grande fiabilité des têtes EPSON, celle-ci est interchangeable sans outil, en 30 secondes.
La liaison entre la tête et la carte d'électronique de la machine se fait au moyen d'un circuit imprimé souple ce qui donne toute satisfaction et reste la solution quasi universellement employée de nos jours.
Le moteur d'entraînement de la tête est un modèle pas-à-pas qui agit sur celle-ci au moyen d'une courroie



Les moteurs pas-à-pas d'entraînement de la tête et d'avance papier.

crantée. Ce moteur, grâce à de petits engrenages en Delrin (plastique un peu particulier) entraîne également le ruban encreur contenu dans la cartouche. Ce ruban est plié en boucle de Moebius (grosso modo en zig zag, si vous préférez) et se déplie d'un côté de la cartouche pour se replier de l'autre.

Le moteur d'entraînement du papier est également un moteur pas-à-pas et la mécanique de transmission se trouve réduite au minimum ce qui est un gage de fiabilité. Ce moteur pas-à-pas permet toutes les fantaisies dans l'interlignage ce qui explique les possibilités de programmation présentées en début d'article.

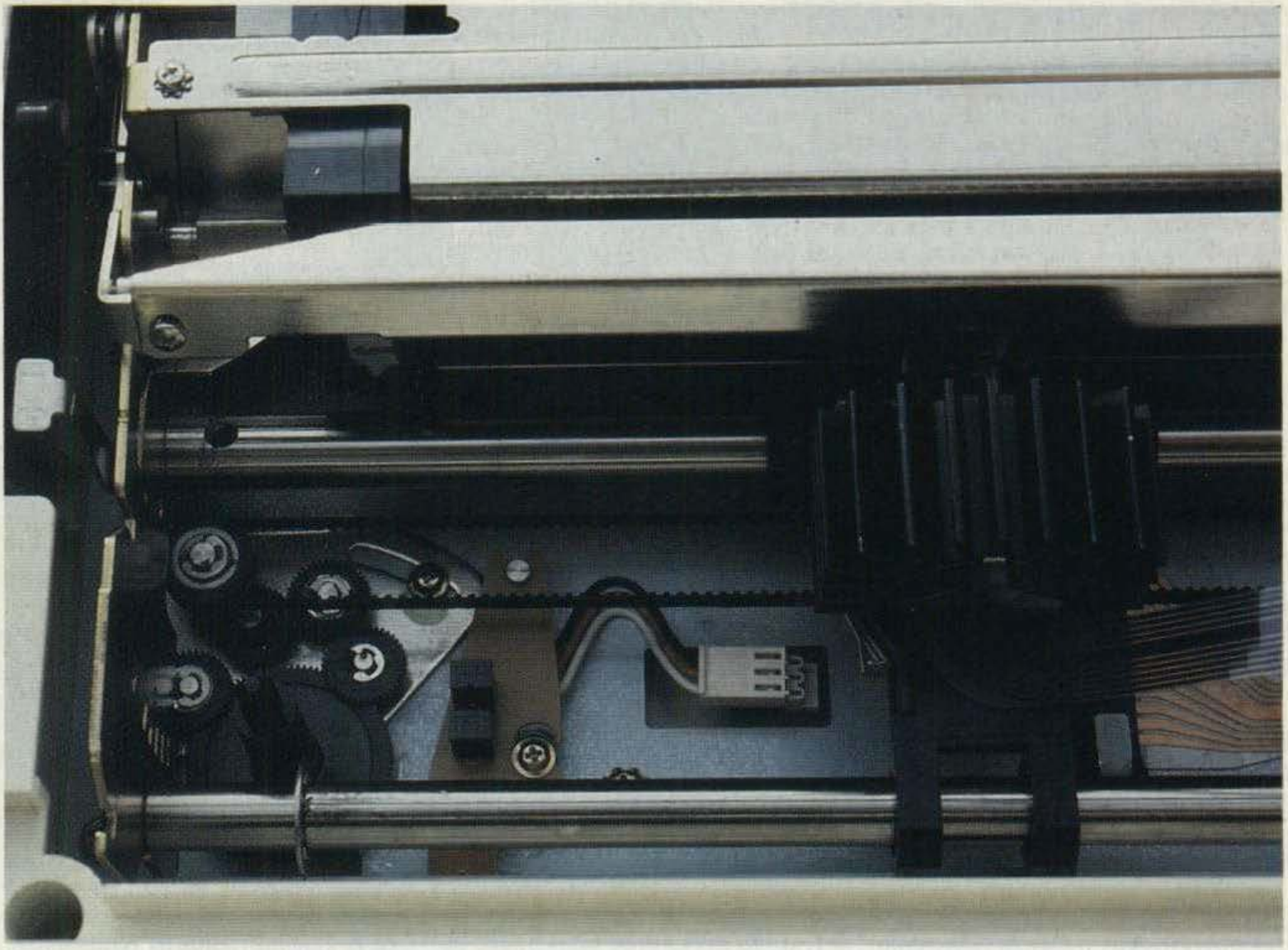
Toute cette mécanique est pilotée par une électronique dépouillée si l'on regarde la carte la supportant et si l'on réfléchit au nombre important de fonctions à accomplir. Ce dépouillement résulte de l'emploi, par EPSON, de deux microprocesseurs spécialisés : un microprocesseur esclave ne disposant que de 2 K de ROM interne mais muni, en revanche, de lignes d'entrées/sorties. La figure 1 présente un synoptique simplifié de cette électronique. Ces deux microprocesseurs dialoguent entre eux par des bus classiques et accèdent aussi à deux mémoires, une ROM de 8 K octets et une RAM de 4 K octets. Une logique d'interface parallèle assure le couplage à la prise aux normes Centronics. Cette conception à base de microprocesseurs permet de rendre l'imprimante entièrement programmable et lui confère une souplesse d'emploi qui aurait été impossible à atteindre avec de la logique câblée conventionnelle.

Les possibilités

Nous vous en avons déjà donné un avant-goût lors de la présentation générale de la machine ; nous allons maintenant vous les présenter plus en détail mais notre exposé ne pourra être complet, vu leur nombre et les imbrications réalisables.

Le premier groupe de possibilités concerne les modes d'impression. L'EPSON FX 80 (et sa petite sœur RX 80) dispose, en effet, de 64 modes d'impression différents que nous vous présentons en figure 2. Ces modes vont des caractères normaux propres à toute machine à aiguilles jusqu'aux caractères double largeur et double épaisseur. En mode normal il rentre 80 caractères par ligne (d'où le nom de la machine), en mode élargi il n'en rentre plus que 40 ; mais il existe aussi un mode condensé (numéro 4 sur la figure 2) qui permet de loger 137 caractères par ligne.

Diverses possibilités sont proposées pour la frappe proprement dite. Dans le mode normal, chaque point est frappé une fois par une aiguille de la tête ; comme cela donne une impression très «informatique», deux autres méthodes existent ;

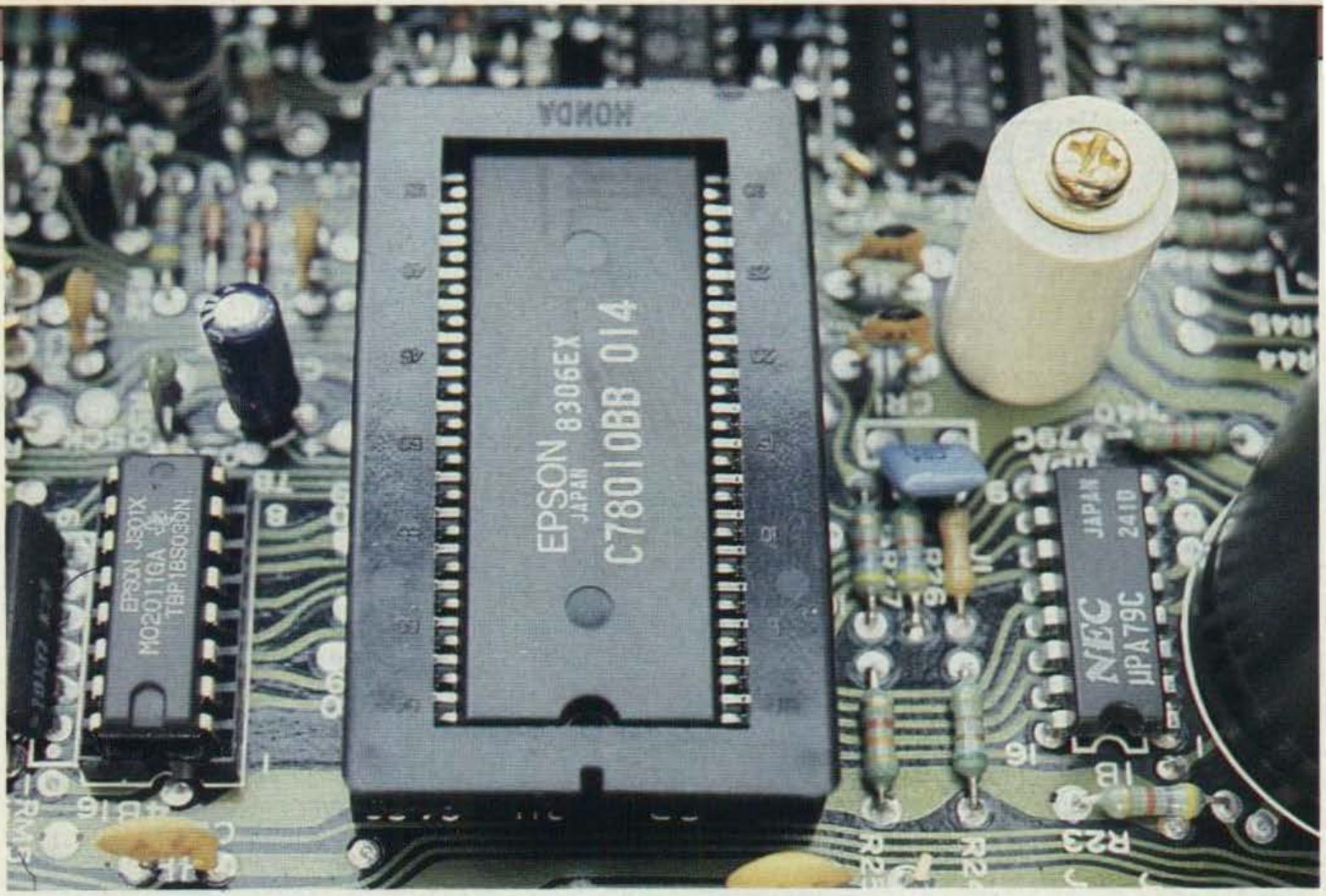


Le mécanisme d'entraînement du ruban encreur.

l'une consiste à frapper plusieurs fois le même point ce qui donne une impression tout aussi «informatique» mais plus noire; l'autre consiste à décaler un peu la tête et à frapper à nouveau ce qui élimine parfaitement la discontinuité entre les points et confère à la frappe un aspect «machine à écrire». C'est en partie pour cette raison que le fabricant a doté sa machine des tailles de caractères «Elite» et «Pica» que l'on ne rencontre en général que sur les machines à écrire. Dans ces deux modes d'impression on peut loger 96 caractères par ligne. Indépendamment de ces 64 modes d'impression différents, il est possible de faire frapper les caractères en italique et ce, pour les 64 modes précédents, ce qui donne le résultat visible figure 3 : 128 types d'impression sont donc offerts.

Pour pouvoir faire du courrier, il faut disposer de caractères «spéciaux» pour des machines informatiques, tels que le a accentué, les e accentués, etc., ce que EPSON a prévu et neuf jeux de caractères internationaux sont implantés en permanence dans la machine. Ils sont accessibles, soit par la manœuvre de mini-interrupteurs de configuration, soit par logiciel.
Ces jeux correspondent aux pays suivants : USA, France, Allemagne, Grande-Bretagne, Danemark, Suède, Italie, Espagne et... Japon. La figure 4 reproduit les différents jeux. Les caractères principaux se retrouvent identiques à eux-mêmes dans tous ceux-ci; cependant, on remarquera le remplacement des symboles standard du jeu de caractères américains par les «lettres» propres aux divers pays.

Les possibilités de la machine ne s'arrêtent pas là et s'il est possible de souligner des caractères ou de leur mettre une barre au-dessus (très pratique pour des équations logiques !) il est également possible d'imprimer avec facilité les exposants et les indices comme le montre la figure 5.
Enfin, et toujours pour l'alphanumérique, deux modes de fonctionnement existent en espacement des caractères : l'espacement normal qui correspond à des caractères occupant la même place horizontale sur une ligne et l'espacement proportionnel qui donne une frappe plus agréable, chaque caractère occupant alors une place dépendant de sa taille. Un i, par exemple, occupera moins de place qu'un m. La figure 6 illustre très bien ce mode de fonctionnement qui, combiné avec



Le microprocesseur principal, développé spécialement pour Epson.

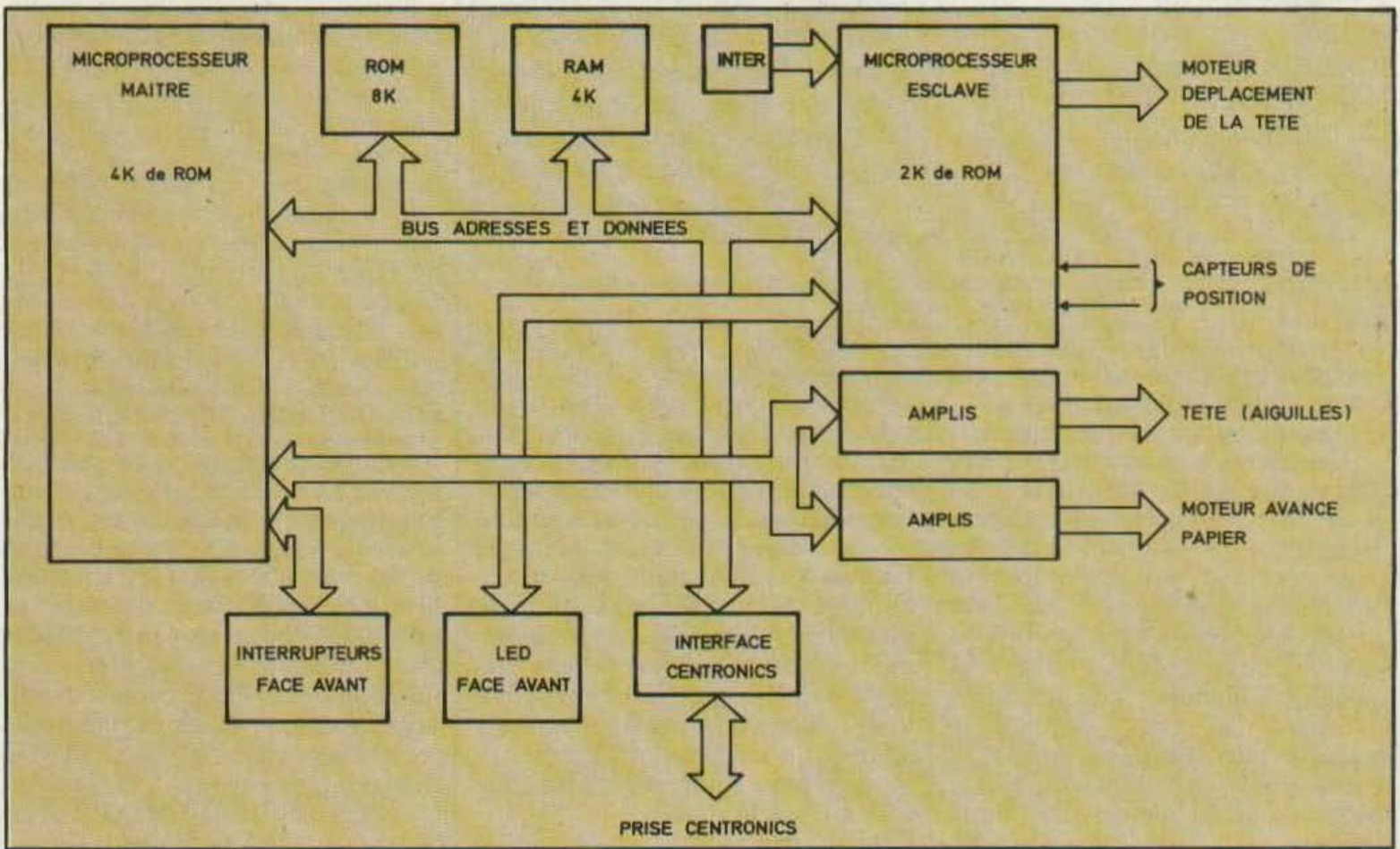


Figure 1 : Synoptique de l'électronique de l'imprimante.

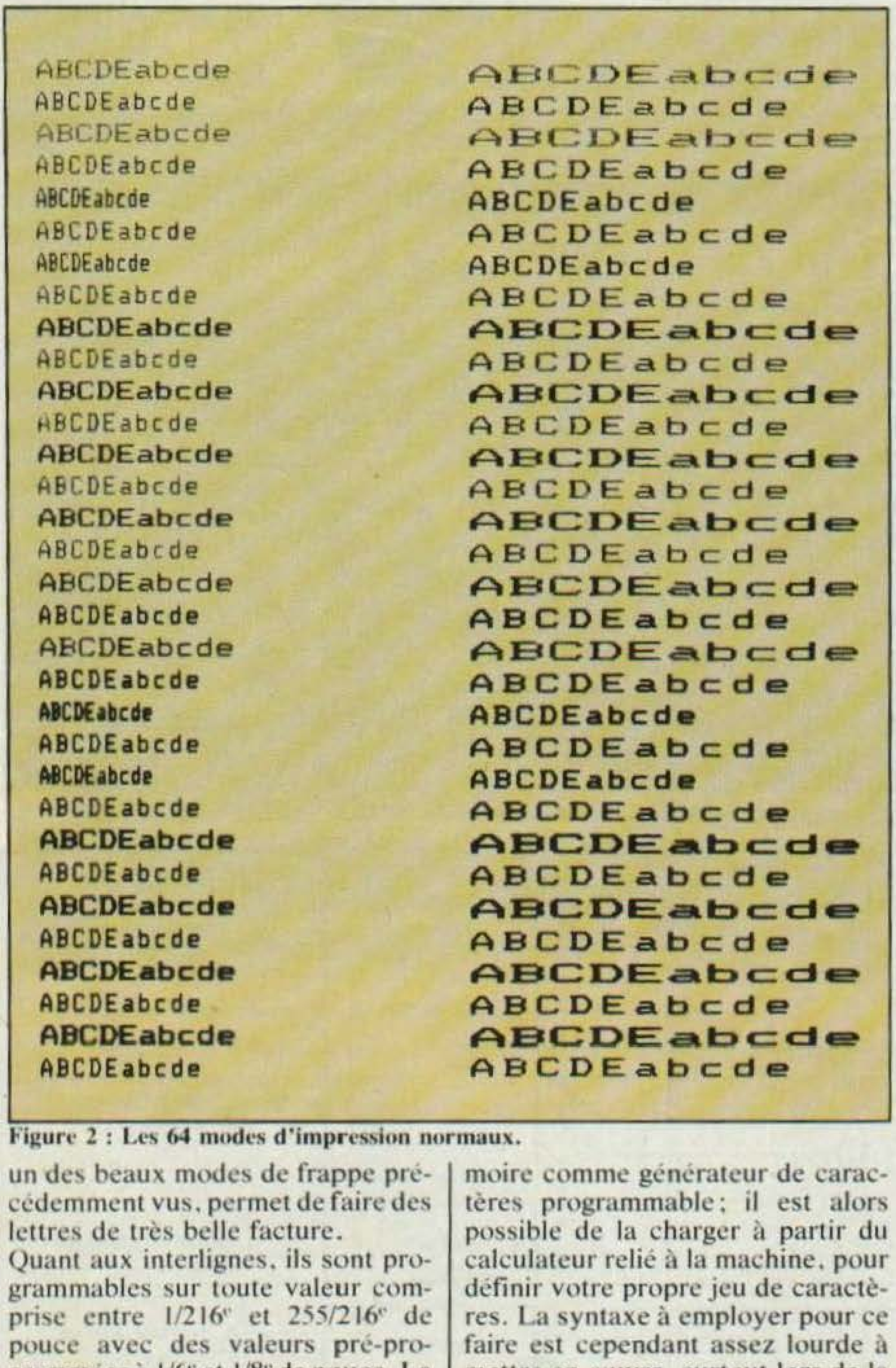


Figure 2 : Les 64 modes d'impression normaux.

un des beaux modes de frappe précédemment vus, permet de faire des lettres de très belle facture.
Quant aux interlignes, ils sont programmables sur toute valeur comprise entre 1/216^e et 255/216^e de pouce avec des valeurs pré-programmées à 1/6^e et 1/8^e de pouce. La taille des pages est également programmable par logiciel ; on peut simplement regretter à ce propos que, lors de la mise sous tension, la machine s'initialise pour une taille de page de 12 pouces alors que le papier le plus répandu est le 11''.
Une mémoire RAM interne de 2 K octets reste disponible dans cette machine pour deux utilisations différentes. On peut utiliser cette mémoire comme générateur de caractères programmable ; il est alors possible de la charger à partir du calculateur relié à la machine, pour définir votre propre jeu de caractères. La syntaxe à employer pour ce faire est cependant assez lourde à mettre en œuvre, surtout lors de la première définition du jeu de caractères. Si cela ne vous intéresse pas, cette RAM peut servir de mémoire tampon d'entrée ; elle accepte alors les caractères envoyés à l'imprimante à la vitesse maximum admissible sur l'interface Centronics alors que l'imprimante travaille à sa vitesse normale.
Cela permet, lors de la sortie de textes courts, de libérer quasi instantanément le calculateur puisqu'il transfère très vite son texte dans le tampon qui se vide tranquillement au niveau de l'imprimante et à la vitesse de celle-ci.
Hormis ces possibilités alphanumériques, un mode graphique est également disponible et vous permet de commander la tête à aiguilles point par point. Différentes résolutions sont proposées depuis 480 points par 8 points jusqu'à 1920 points par 8 points. Comme pour l'alphanumérique, il est possible de faire du graphique «classique» avec des points bien distincts ou du graphique plus «doux» avec recouvrement partiel des points ce qui permet d'effectuer des tracés qui, à l'œil nu, semblent continus.
Ces divers modes graphiques autorisent toutes les fantaisies ; il suffit d'avoir un logiciel adéquat sur le calculateur relié à l'imprimante...
Pour le papier, la machine dispose d'un entraînement à friction, indispensable si l'on veut faire du courrier et pouvoir ainsi utiliser des feuilles normales. Un entraînement à picots ou à traction est aussi installé d'origine et permet d'entraîner tout papier à picots de 24,1 à 25,4 cm de large. Pour du papier plus étroit il vous faudra ajouter un tracteur optionnel : c'est un peu dommage car cela gâche l'esthétique de la machine et restreint certaines possibilités, de retour arrière du papier en particulier. La force de frappe se règle par un levier et permet d'accepter de 1 exemplaire à 1 exemplaire et 2 copies au carbone.

Documentation et logiciel

Il peut sembler curieux de parler de logiciel lors du banc d'essais d'une imprimante ; c'est pourtant indispensable pour la FX 80 compte tenu de ses possibilités. La sélection des divers modes de fonctionnement se fait par logiciel au moyen de chaînes plus ou moins longues (selon la fonction désirée) de caractères divers. Ainsi, par exemple, pour passer en impression normale double frappe il faut envoyer à la machine les codes ASCII de ESCAPE et de la lettre E. Cela se fait très simplement à partir d'un programme BA-

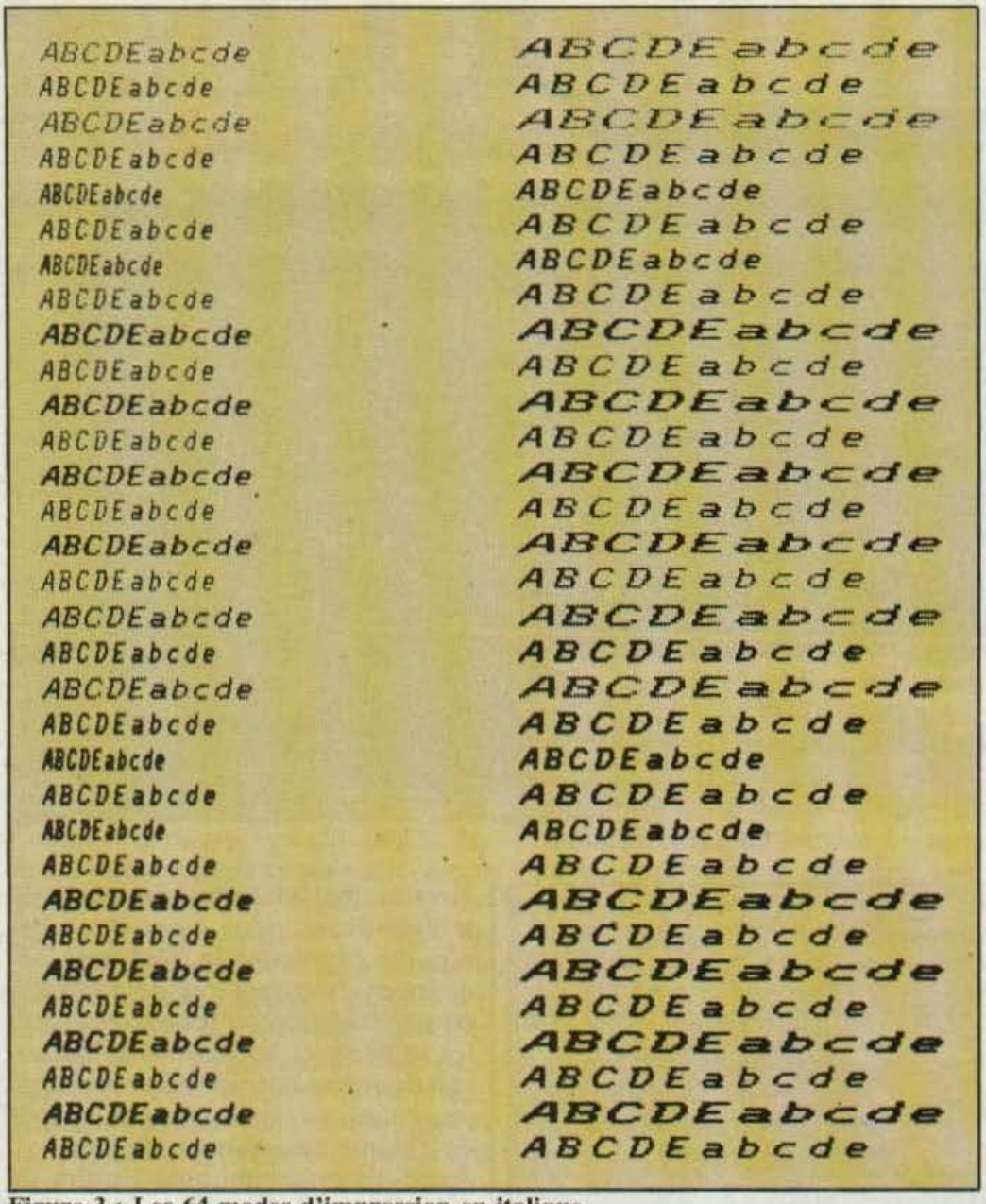


Figure 3 : Les 64 modes d'impression en italique.

SIC au moyen d'un PRINT CHR$(27); «E»; (27 est le code ASCII de ESCAPE). Un programme en langage machine ne serait pas plus gêné; il lui suffirait d'envoyer, au moyen de son sous-programme de sortie de caractères, les codes 1B (code ASCII de ESCAPE) exprimé en hexadécimal) et 45 (idem pour E). Certaines séquences sont cependant un peu lourdes à notre goût, particulièrement pour les impressions d'exposants ou d'indices. Hormis cette sélection logicielle, certaines fonctions plus fondamentales se sélectionnent au moyen de mini-interrupteurs accessibles sans démontage de la machine sous un petit capot placé sur le dessus et retenu par une vis.

Un manuel très complet, de plus de 200 pages, est fourni avec la FX 80 et décrit avec force détails et exemples (en BASIC Microsoft) les modes de sélection des divers types d'impression. Seul reproche que nous ayons à formuler mais il est de taille : ce manuel est en langue anglaise! Sinon, pas d'autres critiques : la présentation, la disposition des paragraphes et le contenu ont été très bien étudiés et permettent une prise en mains facile de la

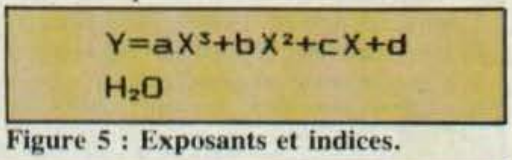


Figure 5 : Exposants et indices.

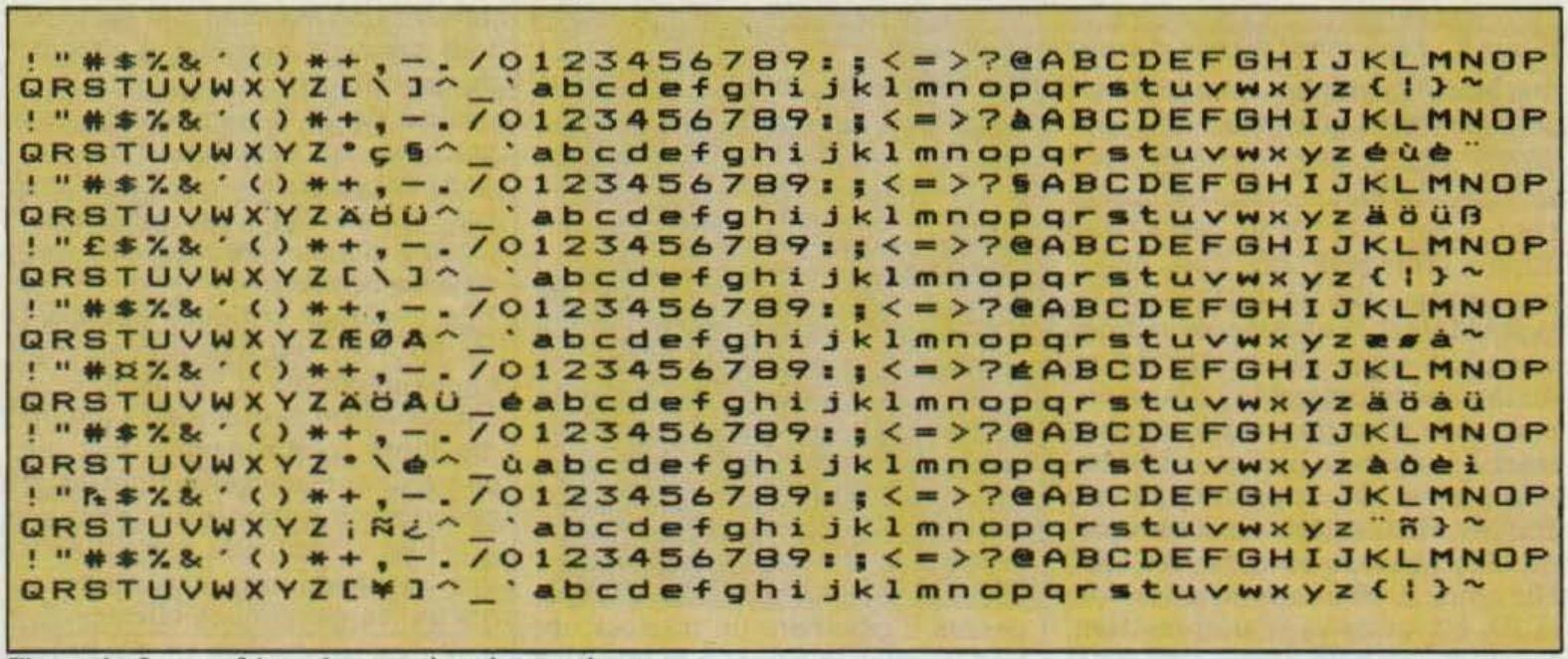
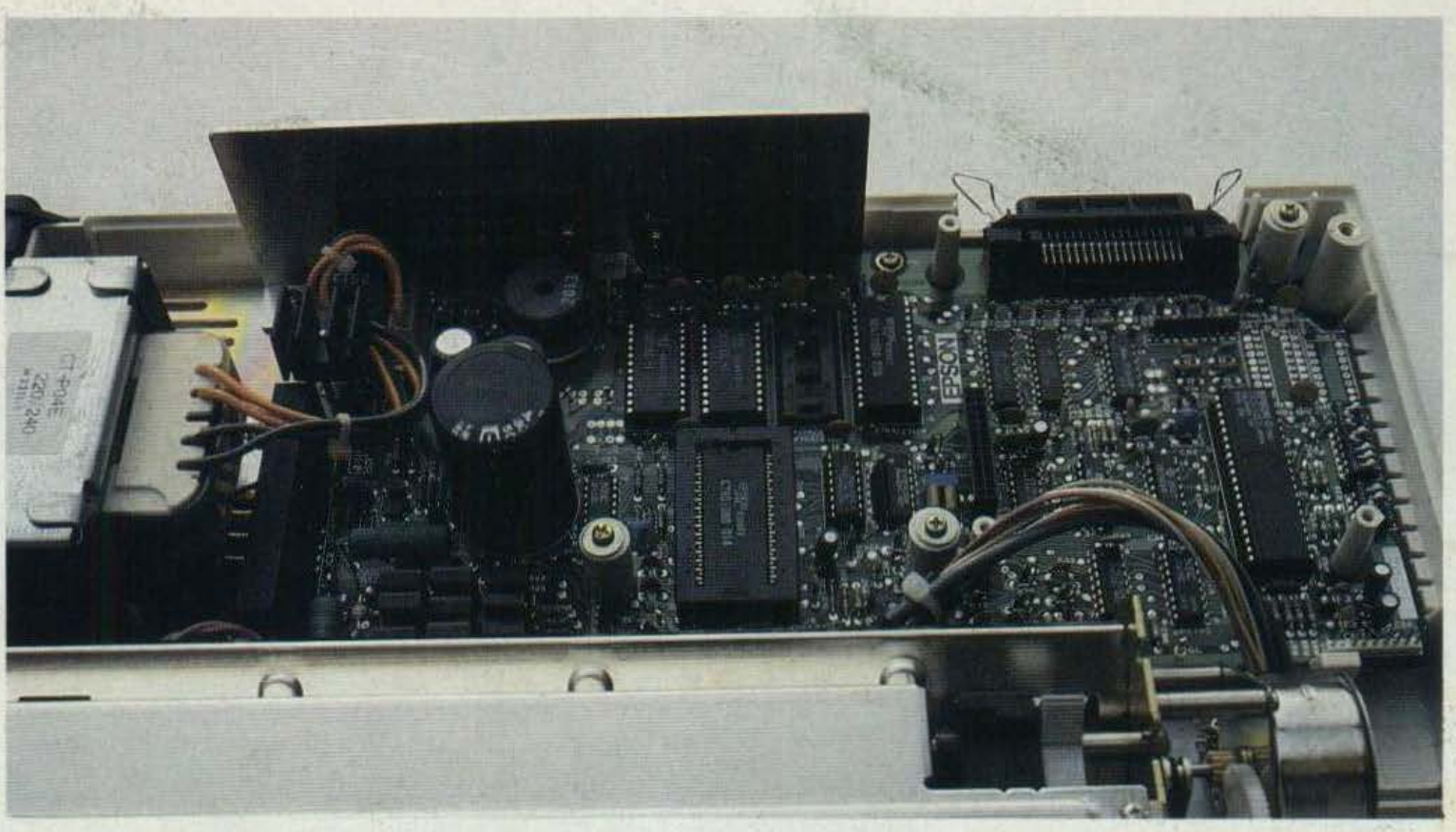


Figure 4 : Les neuf jeux de caractères internationaux.



L'électronique au grand complet.

```
 MODE D'IMPRESSION NORMAL
 L'imprimante EPSON FX 80 dispose d'un mode d'impression
à espacement proportionnel ; c'est-à-dire que la place
occupée par les lettres horizontalement dépend du type de
lettre imprimée . Un i occupera moins de place qu'un m .

 MODE D'IMPRESSION PROPORTIONNEL
 L'imprimante EPSON FX 80 dispose d'un mode d'impression
à espacement proportionnel ; c'est-à-dire que la place
occupée par les lettres horizontalement dépend du type de
lettre imprimée . Un i occupera moins de place qu'un m .
```

Figure 6 : Espacement normal et espacement proportionnel.

machine malgré les innombrables configurations possibles.

Et la RX 80?

Petite sœur de la FX 80, la RX 80 en diffère seulement sur trois points principaux : elle ne dispose pas de la RAM de 2 K et donc du tampon optionnel et du générateur de caractères programmable ; elle ne dispose pas, d'origine, de l'entraînement à friction du papier ; elle n'imprime qu'à 100 caractères par seconde au lieu de 160. En contrepartie, elle possède un atout majeur : elle côute 2100 francs de moins que la FX 80... Ces constatations étant faites, ce que nous avons écrit sur la FX 80 reste valable pour la RX 80 qui dispose, malgré la différence de prix, de tous les modes d'impression évoqués.

Conclusion

Avec un prix public de l'ordre de 6000 francs, la FX 80 n'est pas une machine à la portée de toutes les bourses et s'adresse plutôt à une clientèle que nous qualifierons de semi-professionnelle. Malgré cela, le rapport qualité/prix s'avère excellent et l'on ne peut être déçu par la machine : nous ne lui reprochons que son manuel en anglais et la nécessité d'adjoindre un tracteur optionnel pour le papier à picots plus étroits que 24,1 cm ; on peut regretter aussi, mais c'est assez bénin, la lourdeur de certaines séquences de caractères de contrôle, en particulier pour les exposants et les indices, et le fait que la cartouche de ruban encreur ne se recharge pas ce qui augmente un peu le coût de chaque changement de ruban.

Avec un prix public de l'ordre de 4000 francs, la RX 80, en revanche, devient une machine à la portée de tout amateur désireux d'effectuer du travail sérieux. En plus de la qualité de la fabrication de cette machine, on bénéficie d'une myriade de possibilités que l'on n'avait pas l'habitude de rencontrer, jusqu'à maintenant, sur des appareils de ce prix.

Les quelques critiques faites à la FX 80 (vu son prix) deviennent moins importantes ici (idem).

En conclusion, deux très bonnes machines, performantes, très bien construites et qui permettent du très beau travail d'impression pour peu que l'on se donne la peine d'écrire des programmes exploitant au mieux les possibilités offertes. □

C. Bugeat

LOGICIELS POUR ORIC 1

Ces quelques lignes ont pour but de vous présenter certains programmes distribués par la société «Loriciels», en vous donnant un aperçu rapide de leurs possibilités assorti de conseils, afin de vous épargner quelques erreurs «grossières».

GENCAR

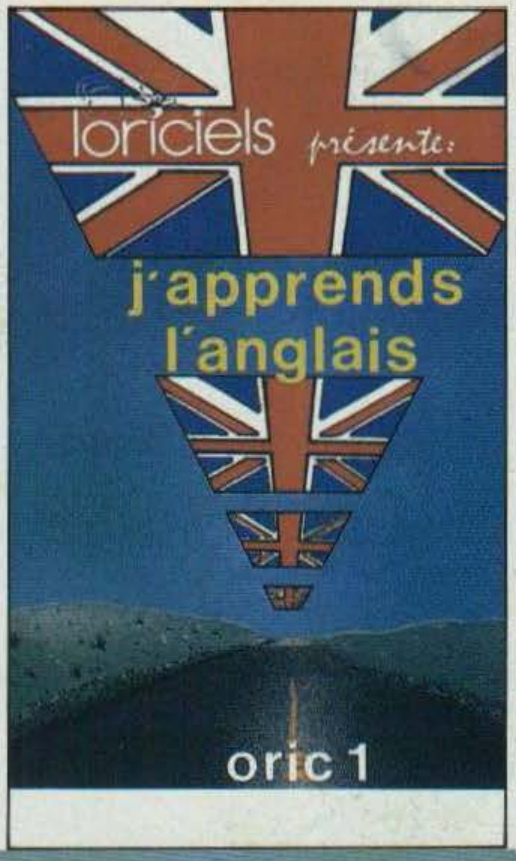
Grâce à cette cassette vous comprendrez comment sont définis les caractères sur l'Oric. Il s'agit d'une matrice dont chaque ligne est considérée comme un nombre binaire : les codes hexadécimaux des caractères sont les codes successifs de ces nombres binaires. Vous pourrez également créer des caractères en utilisant la commande «Modif». Par exemple, pour la lettre grecque μ les codes hexadécimaux sont les suivants : 21 - 21 - 21 - 3F - 20 - 20 - 20. Dans cette procédure «Modif» il vous faudra, lors de la création des caractères, taper soit un «(SPACE)», soit un point. Autre avantage de ce programme (fort bien fait, malgré un défaut de présentation résidant essentiellement dans l'emploi abusif de la couleur, rendant la lecture difficile et fatigante) : il peut faire des dessins en modifiant les caractères et en les assemblant de manière astucieuse. Bonne chance !

ANNUAIRE

Si vous faites partie de ceux qui, pour noter une adresse, sont obligés d'écrire entre les lignes de leur répertoire, ce programme de présentation sobre, claire et complète vous sera indispensable. Deux autres cassettes se révèleront nécessaires : l'une que vous intitulerez «fichier noms», l'autre «fichier dossiers». Lors d'une recherche vous pourrez choisir un ou plusieurs critères de sélection : nom, prénom, adresse, téléphone, profession, date de naissance, etc.

J'APPRENDS L'ANGLAIS

Anglais, allemand, espagnol, italien : quelle différence ? En vérité aucune car il suffit de remplacer, partout où il apparaît, le mot «anglais» par «allemand», «espagnol», etc., pour obtenir d'autres programmes formellement identiques. Cela dit, le plus fastidieux reste la constitution de votre propre dictionnaire et le chargement des mots, un par un, dans la machine avant toute interrogation en bonne et due forme. Mais, surtout, n'oubliez pas après la mise en mémoire de votre dictionnaire de procéder à une sauvegarde : une fausse manœuvre est si vite arrivée ! On peut réaliser cette sauvegarde en utilisant, pour support, une cassette que vous intitulerez « fichier vocabulaire». Les interrogations sont relativement fastidieuses : elles se composent de 20 questions, quel que soit le nombre de mots existant dans le fichier vocabulaire. A chaque question vous disposez de trois essais pour répondre correctement mais le seul fait d'écrire une seule fois les mots et leurs traductions suffit déjà à en connaître la plupart...



GESTION DES STOCKS

Ce programme possède la même structure que le programme «annuaire» ; deux cassettes supplémentaires que vous intitulerez «fichier fournisseurs» et «fichier articles en stock» vous seront donc utiles. La première opération à effectuer après le chargement du programme est de charger les fichiers «fournisseurs» et «articles en stock», sans quoi lors d'une entrée ou d'une sortie il vous sera répondu inlassablement : pas de fiche sous cette référence. A noter : «la cote d'alerte», procédure astucieuse qui permet de voir, au moment d'une visualisation globale des articles, ceux qui arrivent ou sont en rupture de stock.

MONITEUR 0-1

Cette cassette n'est pas destinée au débutant mais intéressera, en revanche, ceux qui possèdent des connaissances approfondies en assembleur et, en particulier, dans la programmation du microprocesseur 6502 équipant l'Oric. En effet ce logiciel permet d'éditer le programme assembleur. ■

Gilles de Dieuleveult

HECTOR HRX : TOUR DE FORTH

Un micro-ordinateur français et en Forth ? Ce double et rare événement méritait bien que l'on s'y attarde...

Le micro-ordinateur Hector HRX dont nous vous proposons aujourd'hui le banc d'essais est un micro-ordinateur français. Ce seul événement justifierait à lui seul les lignes qui suivent ; il n'est cependant pas le seul à nous avoir incité à essayer l'Hector HRX qui présente de nombreuses particularités intéressantes. Après le célèbre TO 7 du géant Thomson et Alice du non moins géant Matra Hachette, voici donc un troisième constructeur français qui se lance dans la bataille de la micro-informatique dont les grands maîtres sont toujours, à l'heure actuelle, les Anglais. A la différence de ses deux confrères, le fabricant d'Hector est une petite entreprise au nom encore peu connu mais cela n'a en rien affecté les performances du matériel.

Généralités

L'Hector existe en trois versions d'aspect extérieur identique mais aux possibilités notablement différentes. Le modèle de bas de gamme est l'Hector 1 et, si nous en croyons les dernières annonces de son constructeur, il semble en voie de disparition au profit des deux modèles suivants que sont le 2 HR et le HRX. Le tableau de la figure 1 vous présente rapidement les caractéristiques essentielles de ces produits et si l'on constate que le modèle 1 est assez différent des deux autres, le 2 HR et le HRX sont, en revanche, assez semblables.

Nous avons choisi de tester aujourd'hui l'Hector HRX dont une des particularités est de disposer, d'origine, d'un langage FORTH résident ce qui change des traditionnels Basic équipant quasiment toutes les machines du marché. Précisons que le modèle 2 HR dispose, lui, d'un interpréteur Basic d'origine ce qui constitue sa principale différence avec le HRX. Précisons également que le modèle HRX pourra recevoir (ou peut déjà, compte tenu de la date à laquelle nous avons réalisé ce banc d'essai) une cassette Basic lui permettant d'exécuter les programmes du modèle 2 HR.

L'aspect

Si vous lisez les diverses annonces publicitaires de cette revue, vous devez déjà avoir une idée de cet

	HECTOR 1	HECTOR 2HR	HECTOR HRX
Microprocesseur	Z 80	Z 80	Z 80
Horloge	1,7 MHz	5 MHz	5 MHz
Temps d'accès	250 ns	125 ns	125 ns
Taille ROM	4 K	4 K	16 K
Taille RAM	16 K	48 K	64 K
RAM sous BASIC	4,5 K	20 K	32 K
RAM sous Assembleur	13 K	32 K	48 K
Résolution alpha	12 x 17 car.	22 x 40 car.	22 x 40 car.
Résolution graphique	113 x 77	243 x 231	243 x 231
Couleurs	8 x 2	15	15
Son	oui	oui	oui
E/S Imprimante	option	oui	oui

Figure 1 : Caractéristiques générales des divers types d'Hector.

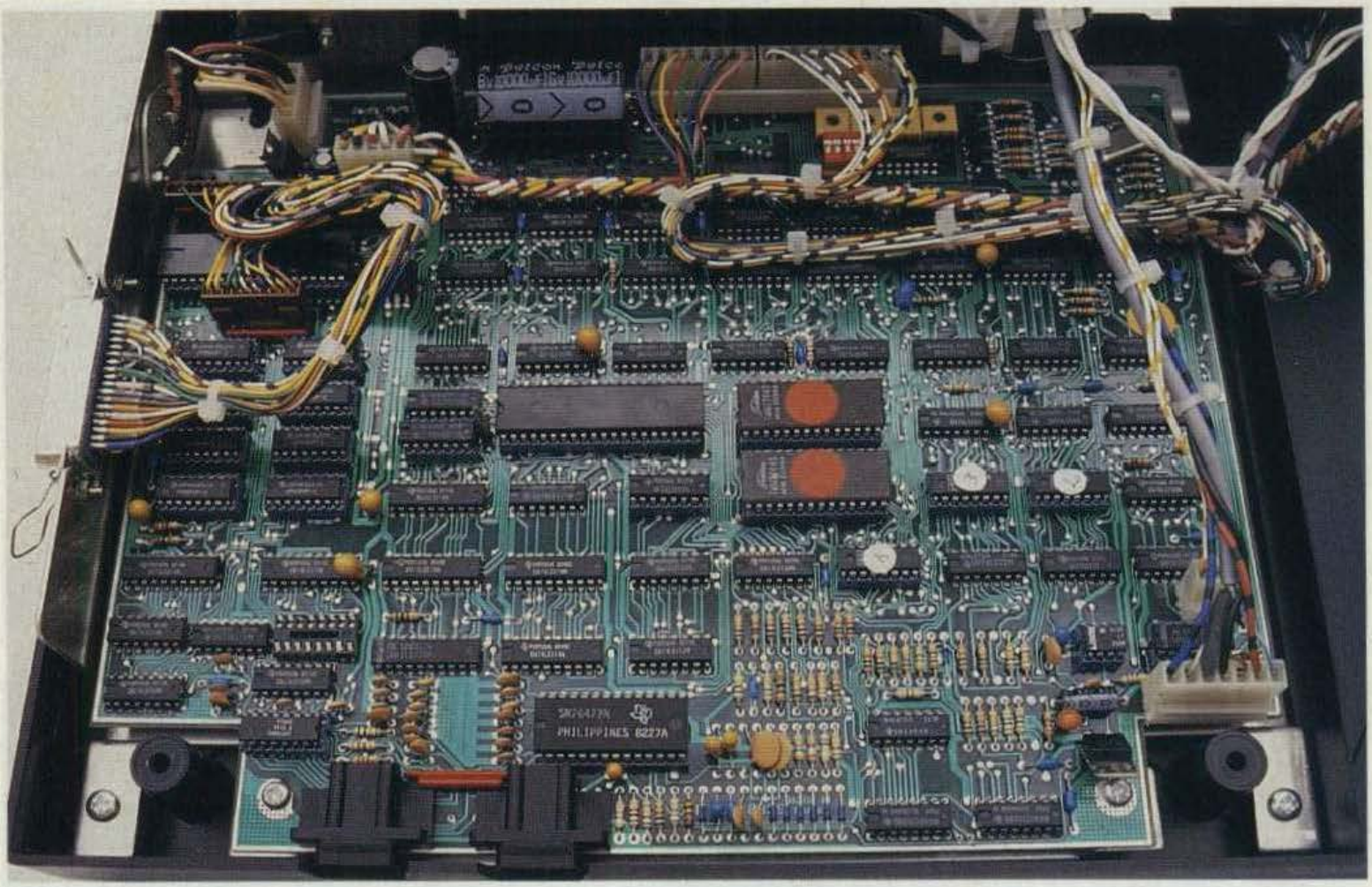
Toute la place disponible sur les touches, est utilisée.

Hector. C'est pour le moins original bien que tout à fait logique : un gros parallélépipède rectangle de 45 cm sur 26 cm et de 6 cm de hauteur contient toute l'électronique. Cet ensemble est surmonté d'un clavier agréablement incliné et, oh miracle ! ce clavier est un vrai de vrai avec des touches de taille normale qui s'enfoncent bien lorsque l'on frappe. La disposition adoptée est celle des claviers de machine à écrire françaises à savoir le célèbre AZERTY ; qui plus est, des accents y sont visibles, sur le devant des touches il est vrai. Son aspect nous laisse entrevoir de nombreuses possibilités d'utilisation : les touches disposent de tous les symboles classiques, des accents et d'un certain nombre de dessins cabalistiques figurant des déplacements de curseur. Le peu de place disponible sur une touche classique a contraint le fabricant à sérigraphier le devant des touches ce qui donne un aspect curieux à ce clavier ; en effet, pour que ces indications soient lisibles, il faut que les hauteurs respectives des diverses rangées de touches soient très différentes. A l'usage, cela ne se révèle pas désagréable.

Ce clavier formé de 53 touches (c'est assez peu mais il faut tenir compte des remarques que nous venons de faire) dispose de possibilités que l'on ne trouve habituellement que sur des modèles munis d'un plus grand nombre de touches. Sur la droite, un magnétophone à cassettes nous donne à penser qu'aucun appareil extérieur ne sera nécessaire pour le chargement ou la sauvegarde des programmes.

Un examen plus approfondi du boîtier d'Hector permet de constater la présence de plusieurs prises dont la qualité surprend sur ce genre de matériel. La face arrière tout d'abord supporte une prise Canon 25 points habituellement utilisée pour les liaisons série aux normes RS 232 et qui, ici, permet de raccorder le câble péritélévision. Sur une des faces latérales, une autre prise tout aussi sérieuse puisque normalisée pour les liaisons d'imprimantes aux normes Centronics, est visible ; cette prise, comble de raffinement, est munie des deux verrous à ressorts qui maintiendront fermement tout ce qui y sera connecté. La notice de l'Hector nous apprend que cette prise permet (normal, vu son format) de connecter une imprimante mais aussi des cartouches et des lecteurs de disquettes optionnels. Enfin, en face avant, deux petites prises Canon à 9 points, permettent de raccorder des manettes de jeux ou joysticks. Un cordon secteur émerge de la face arrière sur laquelle ont même été prévus des taquets pour l'enrouler.

Cet ensemble est accompagné d'un cordon péritélévision de réalisation très sérieuse (serre-câble dans la prise Canon par exemple), d'une mince notice intitulée «Hector, manuel d'emploi» et d'un volumineux



L'électronique d'Hector au grand complet.

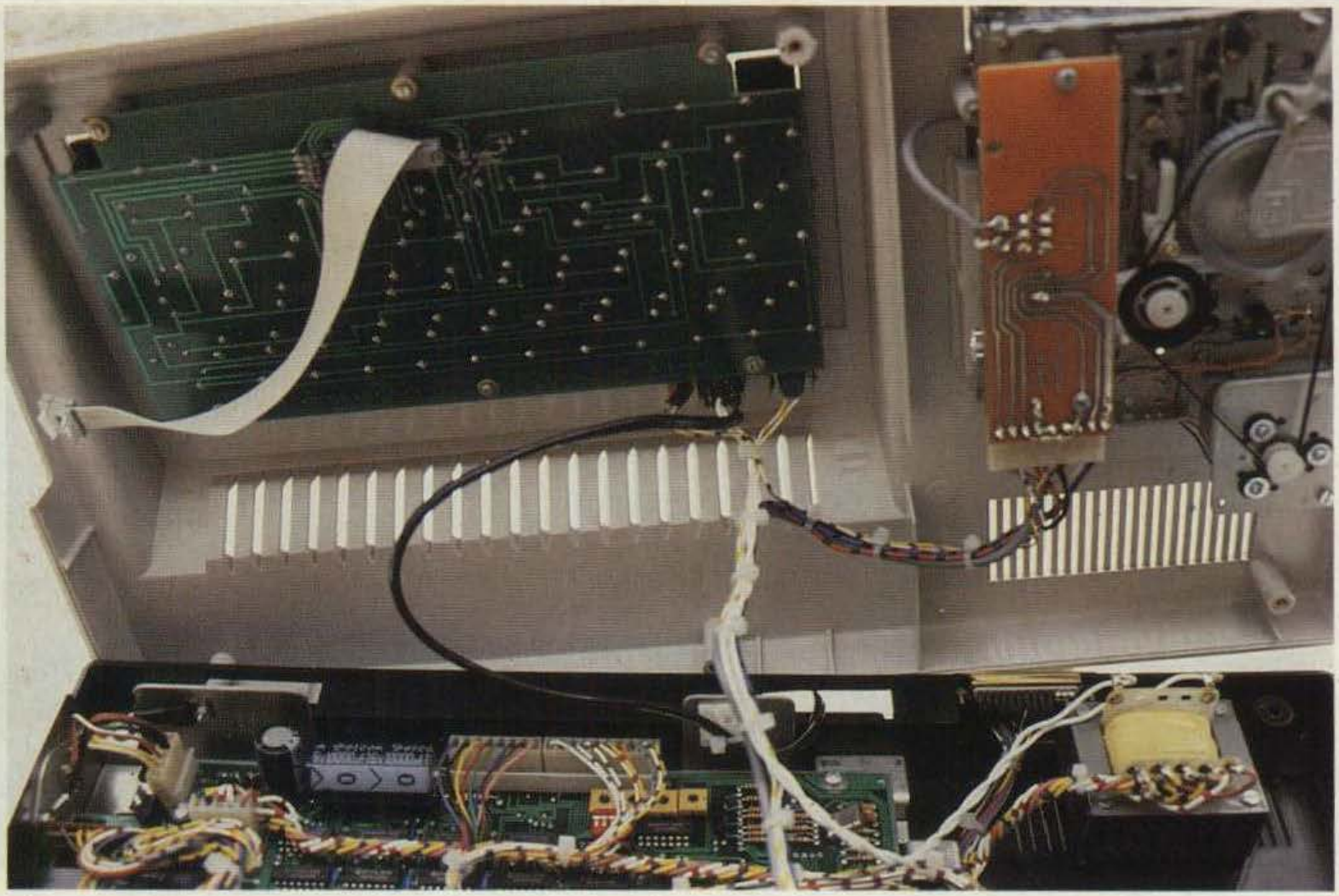
bouquin à reliure spirale de plus de 200 pages intitulé «la pratique du Forth avec Hector». Enfin, la boîte de l'Hector que nous avons eue entre les mains contenait aussi une cassette accompagnée d'une notice de deux pages consacrée à la description de l'éditeur pleine page qui constituait, vous l'avez deviné, le contenu de la cassette. Voyons maintenant d'un peu plus près son utilisation et ses particularités.

Mise en service

Si vous disposez d'un récepteur TV équipé d'une prise péritélévision, le raccordement d'Hector ne pose aucun problème. Il suffit d'enficher le cordon secteur dans une prise quelconque et de relier Hector au récepteur TV via le câble fourni. Dès la mise sous tension, une image couleur apparaît et vous propose un menu, c'est-à-dire un choix entre cinq possibilités. Si votre récepteur ne dispose pas d'une prise péritélévision, et comme pour la majorité des autres mini-ordinateurs actuels, il vous faudra alors acquérir un boîtier modulateur UHF qui vous permettra d'entrer par la prise d'antenne; vous n'aurez alors, dans ce cas, qu'une image en noir et blanc alors qu'Hector dispose de la couleur. Une autre solution consiste à s'équiper d'un modulateur SECAM que l'on commence à trouver dans le commerce : on les relie à l'ordinateur par la prise péritélévision et ils fournissent en sortie un signal UHF aux normes françaises SECAM.

Si vous pianotez sur le clavier sans lire «le gros livre», et à moins que vous ne soyez un expert en FORTH, vous allez très probablement avoir droit à des messages d'erreur en... français s'il vous plaît! Même Thomson, sur son TO 7, n'en a pas fait autant!

La lecture des premières pages du manuel d'initiation au FORTH permet très vite de faire quelques essais et d'avoir un aperçu des possibilités d'Hector. Sachez qu'au niveau visualisation, vous disposez des majuscules et des minuscules (accentuées) ainsi que d'un vrai mode graphique et de la possibilité d'utiliser quinze couleurs différentes. La résolution, en alphanumérique, permet de visualiser 22 lignes de 40 caractères et en graphique vous offre 243 points sur 231 points : possibilité bien suffisante pour un récepteur TV ordinaire qui frise ainsi les limites de ses performances. Comme nombre de ses homologues, Hector dispose d'un générateur de sons programmable. Rien de bien original à signaler à son niveau si ce n'est qu'il reste un peu limité lorsqu'on le compare aux appareils équipés de «vrais» synthétiseurs sonores. En revanche et il est important de le faire remarquer — les concepteurs d'Hector sont les seuls à avoir pensé à utiliser la prise péritélévision pour une reproduction des sons ainsi générés sur le



L'envers du décor : à gauche le circuit du clavier, à droite le magnétocassette.

récepteur TV. Cela permet de s'affranchir du haut-parleur interne dont sont affublés tous ses concurrents et relève d'une très bonne logique de conception de l'appareil.

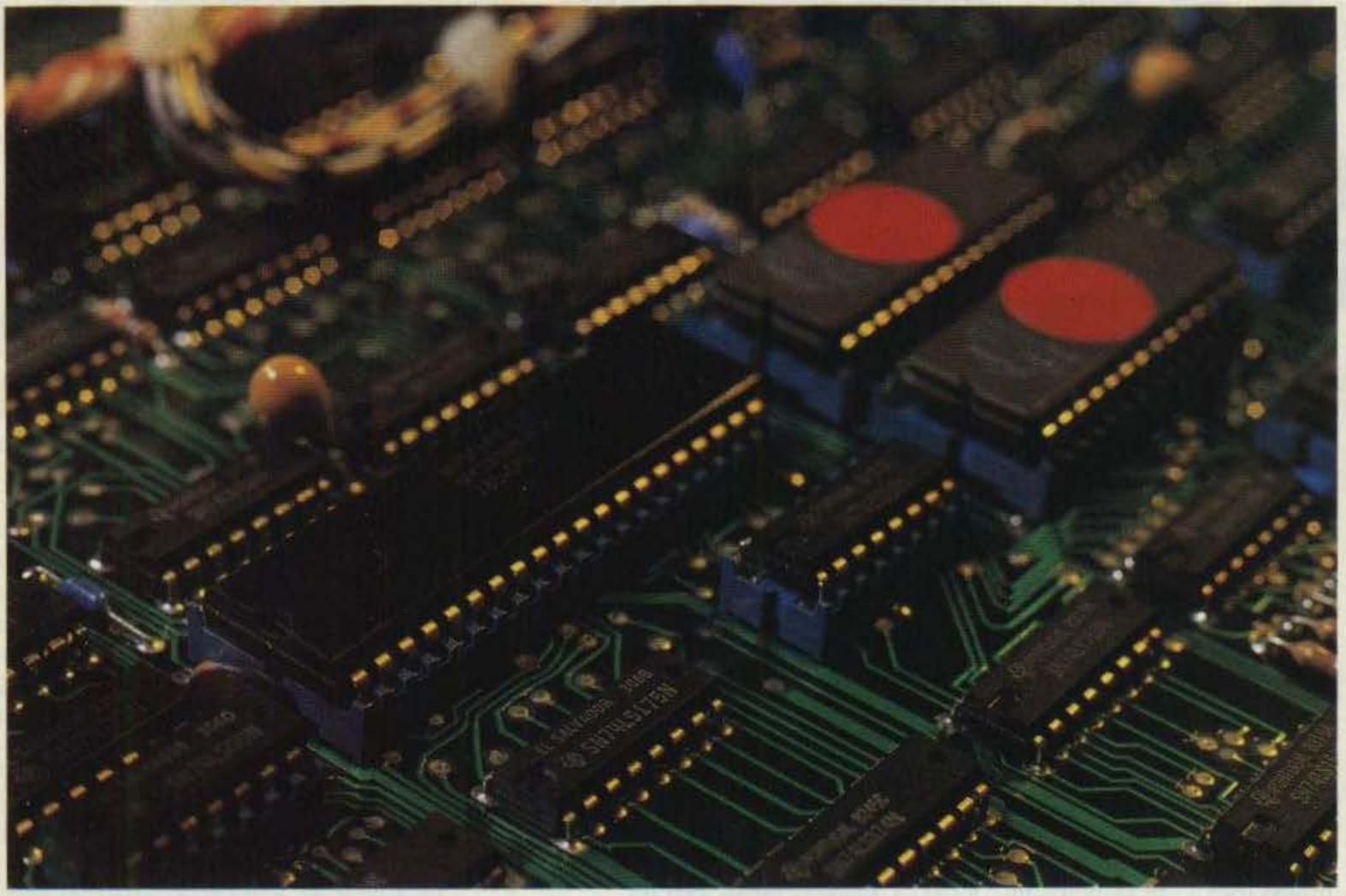
Le logiciel

Nous vous l'avons déjà dit plusieurs fois : l'Hector HRX est fourni d'origine avec un compilateur FORTH résident, disponible dès la mise sous tension. Ce langage étant assez peu connu dans le monde de la micro-informatique amateur puisque, à notre connaissance, seul le Jupiter ACE propose également ce langage d'origine, nous allons vous en dire quelques mots.

Le FORTH diffère assez fortement des langages conventionnels en général et du BASIC en particulier en ce sens que les «programmes» FORTH sont en réalité des définitions de mots. Un certain nombre de mots existent d'origine et constituent ce que l'on appelle le vocabulaire FORTH (l'équivalent des instructions des autres langages). La particularité de ce vocabulaire ? Il est extensible à l'infini (aux tailles mémoire près) et vous pouvez créer autant de nouveaux mots que vous désirez. Ces mots auront une définition autonome utilisant des variables ou des constantes ou feront appel à d'autres mots préalablement définis. C'est ce concept qui permet de réaliser des programmes FORTH ; programmes qui n'ont qu'un lointain rapport avec ce que vous connaissez en BASIC.

En plus de ces particularités, les informations manipulées par le FORTH, contenues sur une pile, nécessitent (surtout au début) un peu de réflexion. Si vous possédez une calculatrice Helwett Packard, vous êtes déjà habitué à cette gymnastique d'esprit puisque ces machines, tout comme le FORTH, utilisent la notation dite Polonaise inverse. Le FORTH nécessite donc un apprentissage — comme tout langage de programmation qui se respecte — ni plus facile ni plus difficile que pour le BASIC, contrairement à ce que nous avons pu lire parfois.

Du point de vue rapidité, le FORTH se révèle incontestablement plus rapide que tous les BASIC que nous avons pu voir. Ce n'est pas dû à un quelconque miracle du langage mais tout simplement au fait que le FORTH est compilé alors que les BASIC équipant les micro-ordinateurs sont interprétés (voir notre initiation à la programmation qui traite de ce problème dans ce numéro). Cette rapidité, liée à la facilité de compiler le langage FORTH, se paye par un inconvénient majeur : le FORTH ne dispose d'aucune fonction scientifique ; ne cherchez pas les SIN, COS et autres LOG du BASIC, il n'y a rien de tout



A l'intérieur, un Z80 entouré d'une RAM de 64 ko et de deux UVPROM.

cela en FORTH, ce qui peut poser d'importants problèmes pour certaines applications scientifiques. Ce défaut inhérent au langage se compense sur Hector HRX par la possibilité de travailler aussi en BASIC, en chargeant une cassette il est vrai. Cependant, pour la réalisation d'animations sur l'écran TV, le FORTH surclasse le BASIC, sans aucun problème, du fait de sa très grande vitesse d'exécution.
Le FORTH de l'Hector HRX est un FORTH standard, c'est-à-dire qu'il contient tous les mots du vocabulaire de base mais de très nombreux mots lui ont été ajoutés ; en particulier pour manipuler les circuits de visualisation, le générateur de sons, ainsi que certains mots permettant de travailler en double précision autorisant ainsi une capacité de calcul plus importante que la normale. Des mots d'exploitation des manettes de jeux sont même prévus dans le vocabulaire d'origine...

Comme tous les autres langages, le FORTH d'Hector dispose d'instructions de sauvegarde et de chargement sur cassette. Le magnétophone intégré dispose d'une télécommande rudimentaire assurant sa mise en marche et son arrêt automatique sous contrôle du système. La platine utilisée étant mécanique, la touche de la fonction désirée doit être enfoncée au préalable.
Le fonctionnement de ce magnétophone à cassettes se révèle très bon et nous n'avons rencontré aucun problème sous réserve de ne pas utiliser de cassette de trop mauvaise qualité. La transmission s'effectue à la vitesse de 1500 Bauds, c'est-à-dire 150 caractères par seconde. Cela permet des chargements de mots FORTH très rapides, d'autant que ceux-ci ont généralement des définitions très concises. Ce langage FORTH est donc très bien fait et permet d'exploiter au mieux les possibilités de l'appareil ; encore faut-il que la documentation qui l'accompagne soit à la hauteur.

La documentation

Nous l'avons dit au début de cette présentation, elle est constituée par un volumineux ouvrage d'initiation au FORTH, conçu pour se lire comme un bon livre, en ayant la machine à portée de main pour expérimenter les divers exemples proposés. Le contenu nous a donné satisfaction malgré quelques erreurs mineures et quelques incohérences sans gravité dans les termes employés (on parle du bus d'adresses et du bus de data, pourquoi pas du bus de données ? Mystère...). Ce manuel constitue donc un très bon outil d'initiation au FORTH en général et à celui d'Hector en particulier, bien sûr.
Malgré ces remarques élogieuses quant à la teneur même du manuel,

nous avons cependant quelques critiques à formuler à son sujet. La première concerne les pages qui ne sont pas numérotées ; ce n'est pas bien grave direz-vous ; eh bien si ! Car cet ouvrage de plus de 200 pages ne comporte pas de sommaire. Si cela n'est pas gênant lors de la phase d'initiation au langage, c'est extrêmement désagréable lorsqu'il faut rechercher la définition ou les caractéristiques d'un mot, d'autant qu'aucun résumé ne vient fournir ces informations sous forme concise. Par ailleurs, ce manuel ne contient aucun renseignement technique tel que le brochage des diverses prises, par exemple. Absence d'indications sans importance pour certains utilisateurs qui considèrent l'ordinateur comme une boîte noire et qui achètent toujours les extensions prévues par le constructeur ; mais quelque peu désagréable si vous voulez faire preuve d'originalité en couplant, par exemple, un périphérique de votre conception à cette machine. Hormis ces deux critiques principales, le manuel n'en demeure pas moins tout à fait satisfaisant : alors, parents d'Hector, ajoutez un sommaire, des numéros de pages et le brochage des prises et votre manuel deviendra excellent...

L'intérieur

Il suffit de dévisser quelques vis et Hector se sépare en deux avec, d'un côté, le capot auquel restent solidaires le clavier, le magnétophone à cassettes et les interrupteurs et, de l'autre côté, le fond qui contient le transformateur d'alimentation et un grand circuit imprimé supportant tous les composants. Il est presque possible de désolidariser les deux parties sans fer à souder ; en effet de nombreux connecteurs sont utilisés, sauf pour deux fils, soudés (?). Un Z 80 fonctionnant avec une horloge à 5 MHz, constitue l'unité centrale d'Hector ; il est entouré de 64 K octets de RAM réalisée avec des boîtiers de 64 kilobits relativement récents. Deux mémoires mortes (en fait des UVPROM, mémoires effaçables aux rayons ultraviolets) contiennent le logiciel. Ici encore, des circuits récents sont utilisés puisque l'on a affaire à des 2764, boîtiers de 8 K mots de 8 bits. Un dernier circuit LSI est visible celui de l'interface parallèle type 8255 d'Intel. Un grand nombre de circuits intégrés TTL classiques, occupent la surface restante qui se chargent de la logique de décodage d'adresses et de la génération des signaux TV.

Le générateur de sons n'est autre que le célèbre circuit Texas 76477 plus courant dans les jeux TV et autres jouets sonores que dans un micro-ordinateur. L'électronique du magnétophone à cassettes trouve aussi une place sur ce circuit et ce qui reste solidaire de la face avant n'est en fait que la partie mécanique du lecteur.

Le clavier est constitué par un assemblage de touches individuelles sur un circuit imprimé spécial. Cette solution présente l'avantage d'éviter les contraintes de dispositions et de fonctions des touches, imposées par les claviers industriels standard, ce qui permet de personnaliser, ainsi, Hector.

L'alimentation fait appel à des régulateurs intégrés classiques mais, ici, la place disponible a permis de les monter sur des radiateurs de taille importante ce qui évite tout échauffement excessif, quelle que soit la saison.

Pour résumer cet examen interne rapide, l'on peut dire que la qualité du matériel est tout à fait satisfaisante compte tenu de la gamme de prix de l'appareil : circuit imprimé très «propre» (sans fil ajouté en toute hâte, à la dernière minute, contrairement à d'autres appareils), composants «sensibles» montés sur supports, etc., rendent compte de cette qualité.

Les extensions

A notre connaissance, et au moment où nous écrivons ces lignes, il n'existe que deux extensions spécifiques à Hector qui sont les manettes de jeux classiques et, surtout, le lecteur de disquettes DISC 2. Muni de cet appareil, votre Hector peut aborder des utilisations semi-professionnelles encore que la résolution de sa visualisation en mode alphanumérique (22 lignes de 40 caractères) soit un handicap dans certains cas. Côté imprimante, Hector peut s'accommoder de n'importe quel modèle compte tenu de son interface aux normes Centronics dont on ne peut que se réjouir.

Conclusion

Si nous devions décerner une note globale à Hector HRX, à l'issue de ce banc d'essai, il obtiendrait nettement plus que la moyenne. Les nombreuses originalités dont il fait preuve y sont pour quelque chose et nous avons en plus apprécié : le vrai clavier très complet, l'intégration du magnétophone à cassettes, la qualité de la réalisation (prises, circuit imprimé), la qualité des graphismes, la puissance du FORTH considérablement étoffé par rapport au FORTH de base, l'excellente initiation fournie par le manuel joint à l'appareil.

Nous avons, en revanche, regretté : l'absence totale d'informations concernant le brochage des connecteurs et les signaux qui y transitent, le manque de pagination et de sommaire du manuel, la relative pauvreté du générateur sonore.

Si vous aimez le FORTH, si vous cherchez une machine travaillant en FORTH ou, tout simplement, si vous souhaitez découvrir ce langage. Hector HRX mérite un essai approfondi d'autant qu'il n'est pas limité à ce langage ; de plus, son extension lecteur de disquettes permet de le transformer de simple micro-ordinateur en véritable outil de travail pour des tâches beaucoup plus importantes.

Hector HRX est annoncé comme étant de conception et de réalisation entièrement françaises : à l'issue de ce banc d'essais, nous pouvons en être fiers ! Ses concepteurs ont réalisé là un appareil capable de rivaliser avec tout ce qui existe sur le marché, actuellement, à prix équivalent bien sûr. ■

C. Bugeat

S'ABONNER?

POURQUOI?

Parce que s'abonner à «MICRO ET ROBOTS»

C'est
- plus simple,
- plus pratique,
- plus économique.

C'est plus simple

- un seul geste, en une seule fois,
- remplir soigneusement cette page pour vous assurer du service régulier de «MICRO ET ROBOTS».

C'est plus pratique

- chez vous! dès sa parution, c'est la certitude de lire régulièrement notre revue
- sans risque de l'oublier, ou de s'y prendre trop tard,
- sans avoir besoin de se déplacer.

COMMENT?

En détachant cette page, après l'avoir remplie,

- en la retournant à : MICRO ET ROBOTS 2 à 12, rue de Bellevue 75940 PARIS Cédex 19
- ou en la remettant à votre marchand de journaux habituel.

Mettre une X dans les cases ☒ ci-dessous et ci-contre correspondantes:

☐ Je m'abonne pour la première fois à partir du n° paraissant au mois de .....

Je joins à cette demande la somme de ..... Frs par:

☐ chèque postal, sans n° de CCP

☐ chèque bancaire,

☐ mandat-lettre

à l'ordre de : MICRO ET ROBOTS.

ATTENTION! Pour les changements d'adresse, joignez la dernière étiquette d'envoi, ou à défaut, l'ancienne adresse accompagnée de la somme de 2,00 F. en timbres-poste, et des références complètes de votre nouvelle adresse. Pour tous renseignements ou réclamations concernant votre abonnement, joindre la dernière étiquette d'envoi.

COMBIEN?

MICRO ET ROBOTS (11 numéros)
1 an ☐ 145,00 F - France
1 an ☐ 190,00 F - Etranger.

(Tarifs des abonnements France: TVA récupérable 4%, frais de port inçlus. Tarifs des abonnements Etranger: exonérés de taxe, frais de port inclus).

Ecrire en MAJUSCULES, n'inscrire qu'une lettre par case. Laisser une case entre deux mots. Merci.

Nom, Prénom (attention: prière d'indiquer en premier lieu le nom suivi du prénom)

Complément d'adresse (Résidence, Chez M.., Bâtiment, Escalier, etc...)

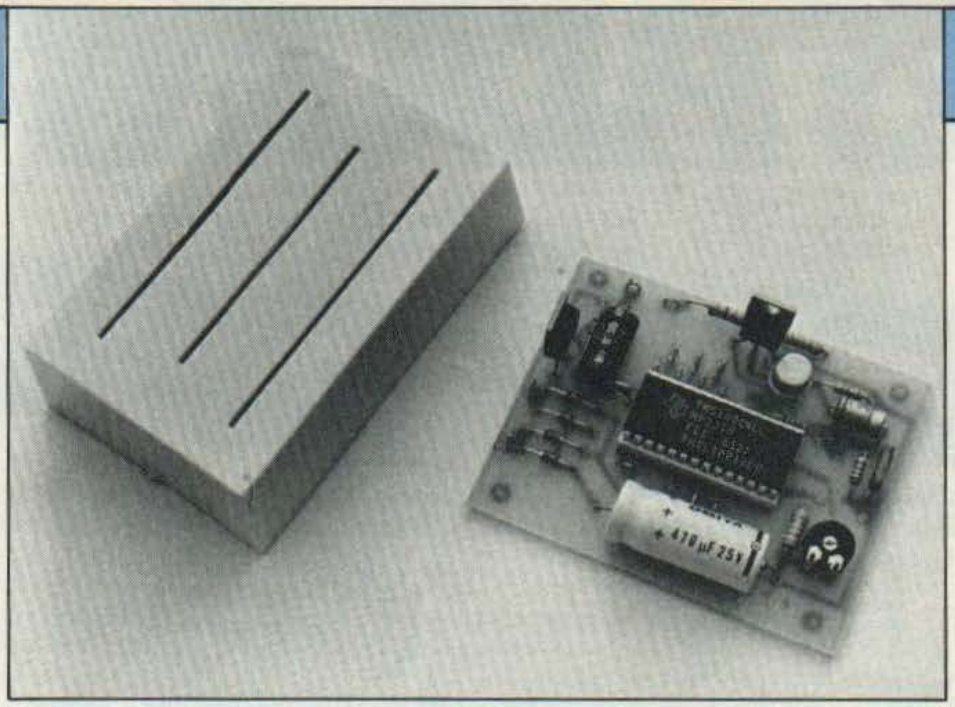
N° et Rue ou Lieu-Dit

Code Postal

Ville

Micro et Robots

Les applications grand public des microprocesseurs monochip ne manquent pas. Un exemple parmi d'autres : le TMS 1000, version MP 3318, programmé pour émettre deux douzaines de mélodies bien connues et qui nous sert, aujourd'hui, de base à une sonnette originale et facile à réaliser.



UNE SONNETTE MICROPROCESSE

Les microprocesseurs monochip, dont nous parlons depuis le premier numéro de cette revue, ont essentiellement des rôles utilitaires sous leur forme principale : rien n'empêche un utilisateur de les programmer pour jouer quelques airs de musique. C'est ce qu'a fait pour nous Texas Instruments avec un circuit de la famille TMS 1000 qui porte le doux nom de TMS 1000 MP 3318 dans sa version française.

Nous avons déjà eu l'occasion de vous présenter une réalisation à base de microcontrôleur de la famille TMS 1000 dans notre premier numéro de novembre 1983. Le circuit utilisé alors s'appelait TMS 1122 et constituait le cœur d'un «super» programmateur hebdomadaire. Ce TMS 1122 et le TMS 1000 MP 3318 d'aujourd'hui appartiennent à la même famille ce qui montre bien la versatilité de ces produits et justifie encore une fois le fait que, dans une réalisation micro-informatique, l'essentiel des fonctions se trouve dicté par le logiciel.

Avant de vous présenter le schéma fort simple de cette sonnette, nous croyons utile de vous donner quelques indications sur la structure interne de ces fameux TMS 1000.

Un peu de théorie

Les microcontrôleurs de la famille TMS 1000 sont constitués autour d'unités centrales de microprocesseurs 4 bits. A une époque où l'on ne parle que de microprocesseurs, 8, 16 voire 32 bits, cela peut sembler un peu ridicule. En fait, compte tenu des applications visées par ces circuits, il n'en est rien.

La figure 1 présente un synoptique interne des TMS 1000, synoptique que vous pouvez utilement comparer à celui du MC 68705 que nous avons présenté dans notre précédent numéro. Nous y voyons, au centre, l'unité arithmétique et logique associée à divers registres qui constituent le microprocesseur proprement dit. Cette unité centrale est reliée à une mémoire vive (RAM) de 64 mots de 4 bits et à une mémoire morte (ROM) de 1024 mots de 8 bits. Contrairement au MC 68705 P3, présenté dans notre précédent numéro, cette ROM est programmable uniquement par masque, c'est-à-dire à la fabrication du circuit et la réalisation d'un TMS 1000 spécifique ne peut donc se concevoir que pour un très grand nombre de pièces.

Des interfaces d'entrées/sorties sont aussi intégrées dans le TMS 1000 et l'on dispose ainsi de 8 lignes de sorties (00 à 07), de 11 autres lignes de sorties aux possibilités un peu différentes (R0 à R10) et de quatre lignes d'entrées (K1, K2, K4 et K8). Pour simplifier encore la mise en œuvre du circuit, l'oscilla-

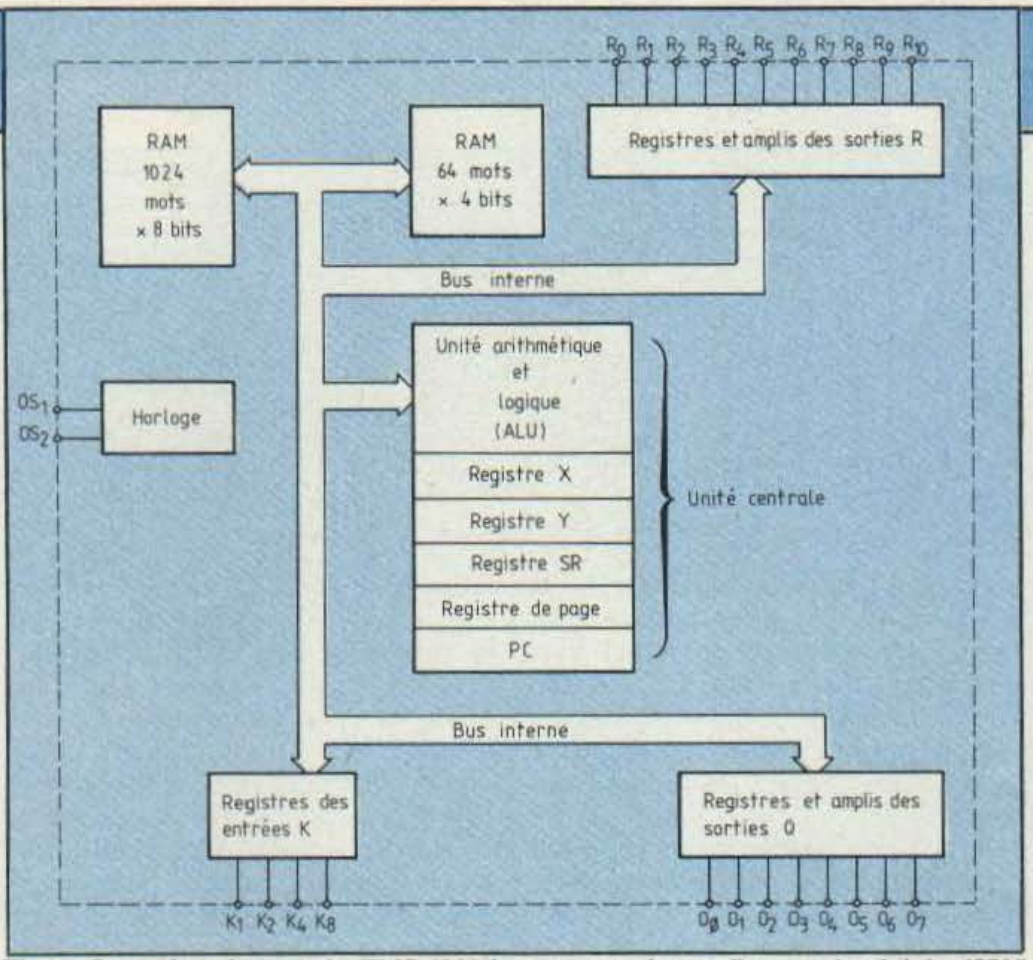


Fig. 1. Synoptique interne du TMS 1000 à comparer, éventuellement, à celui du 68705.

TMS1000

teur d'horloge du microprocesseur est intégré sur la puce et ne demande qu'un ou deux composants externes.

Tout cet ensemble réalisé en technologie PMOS tient dans un boîtier 28 pattes : l'alimentation peut être comprise entre 6 et 15 volts pour une consommation assez faible (5 mA typique sous 10 volts). Ces présentations étant faites et ne pouvant guère aller plus loin compte tenu que chaque cas devient, ensuite, un cas particulier, nous allons nous intéresser à la mise en œuvre de notre TMS 1000 MP 3318.

Le schéma

Il vous est présenté dans son intégralité en figure 2 et vous pouvez en apprécier la simplicité. Nous allons l'analyser point par point en commençant par le commencement, à savoir l'alimentation.

Un transformateur délivre environ 8 à 10 volts sous quelques VA; cette tension est redressée par 4 diodes montées en pont et filtrée ensuite par un condensateur de valeur quel-

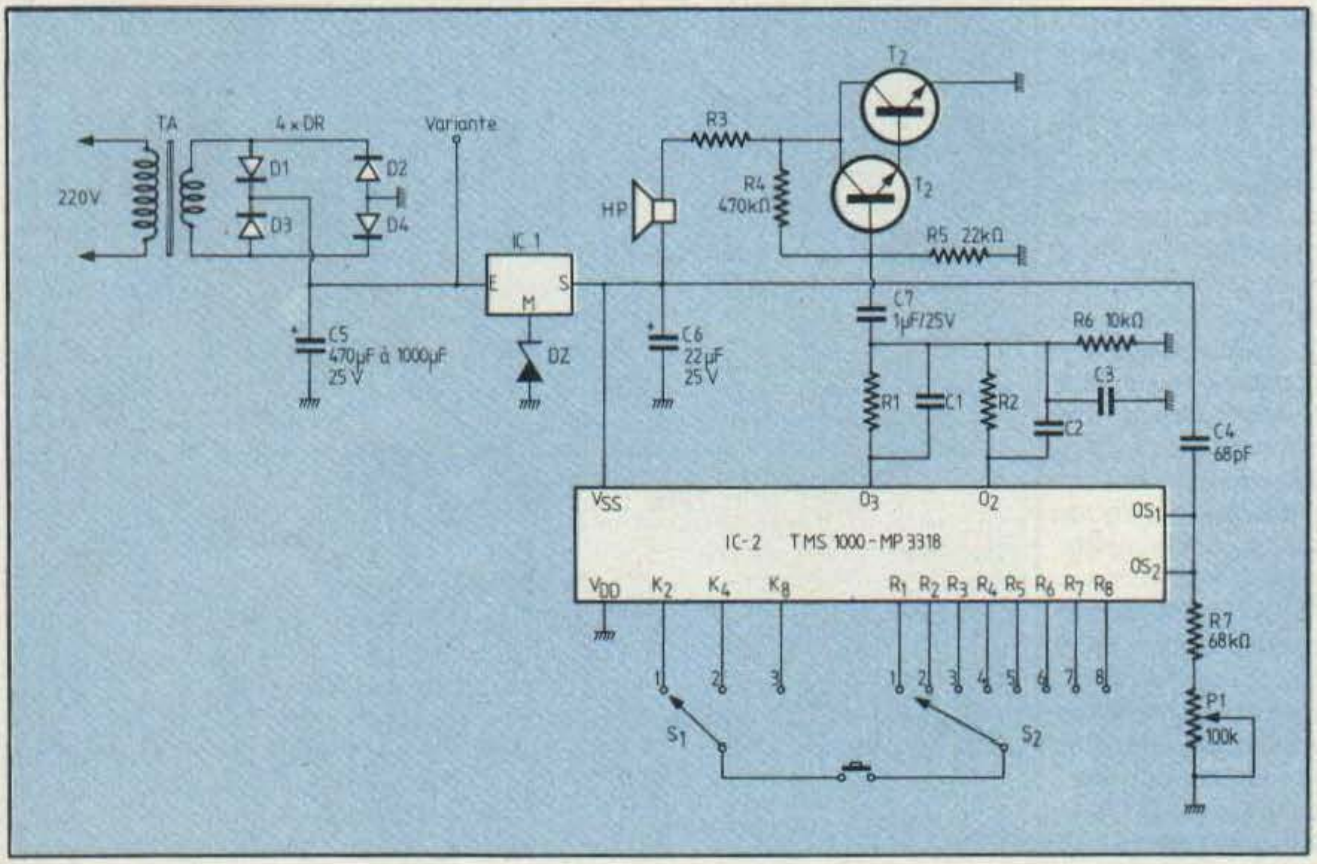


Fig. 2. Qui a peur des microprocesseurs? Un schéma d'une simplicité biblique...

conque, comprise entre 470 et 1000 µF. La valeur exacte et la qualité du filtrage n'ont qu'une importance relative compte tenu de l'application et de la présence d'un régulateur de tension intégré qui améliore tout cela. Ce régulateur intégré est un modèle classique 5 volts/1 ampère en boîtier TO 220 dont la tension de sortie est amenée artificiellement à 8,3 volts par insertion d'une diode Zener de 3,3 volts dans sa patte de masse. Un condensateur de 22 µF parfait le filtrage et assure un découplage du TMS 1000 vis-à-vis de l'ampli de «puissance» constitué par T1 et T2. Cette tension de 8 volts alimente le TMS 1000 sans plus de précaution.
Autour du microprocesseur nous remarquons tout d'abord, au niveau des pattes OS1 et OS2, la présence d'une cellule RC constituée par un condensateur de 68 pF et d'un ensemble 68 kΩ et potentiomètre ajustable de 100 kΩ. Cette cellule fixe la fréquence d'horloge du TMS 1000 que l'on peut ajuster au moyen du potentiomètre ce qui, comme nous le verrons, fait varier la tonalité des mélodies. Pour des applications plus précises, il est possible d'utiliser comme horloge un résonateur céramique, sans intérêt ici, la légère fluctuation de la fréquence d'horloge due à la cellule RC ne pouvant être mise en évidence, même par une oreille avertie.
La majeure partie des pattes du TMS 1000 aboutit à deux commutateurs S1 et S2 qui vont servir à sélectionner la mélodie désirée. En effet, le TMS 1000 choisit sa mélodie en fonction de celle des entrées K2, K4 ou K8 qui se trouve reliée à une des sorties R1 à R8. De plus, le départ de la mélodie a lieu lors de la réalisation effective de cette liaison ce qui explique la présence du bouton de sonnette entre les deux commutateurs.
Le tableau de la figure 3 vous donne le répertoire dont dispose le TMS 1000 MP 3318. Comme vous pouvez le constater, ce sont des morceaux bien français qui y ont été intégrés. Pour votre information, sachez qu'il existe deux autres versions des TMS 1000 programmés en

S2	S1 = 1	S1 = 2	S1 =3
1	Viva España	La panthère rose	La Marseillaise
2	L'Ajaccienne	Fin posit	Charge de la cavalerie
3	Le p'tit quinquin	Les fiancés d'Auvergne	En passant par la Lorraine
4	Hello, le soleil brille	L'internationale	Ils ont des chapeaux ronds
5	Lili Marlen	Kalinka	La cucaracha
6	Oh Suzana	Marche nuptiale	Popeye
7	La Vie Parisienne	Tico-tico	Alma Llandra
8	A la Bastille	La Madelon	Paso doble

Figure 3 : Le répertoire du TMS 1000-MP3318

sonnettes : une américaine (Texas Instruments oblige !) et une allemande; le contenu n'en est évidemment pas le même. Ces circuits sont indisponibles pour l'amateur (sur le marché français) et le seul TMS 1000 que vous trouverez, sera le MP 3318.
Il ne nous reste plus que deux pattes du TMS 1000 à examiner et nous aurons fait le tour du boîtier; ce sont O2 et O3. Sur ces deux lignes se trouvent les signaux carrés reproduisant autant que possible les sonorités de la mélodie choisie par S1 et S2. Ces deux sorties sont ajoutées au moyen de R1 et R2 et leurs signaux mélangés se retrouvent sur la résistance de 10 kΩ. Pourquoi n'avons-nous pas affecté de valeur à R1, R2 et aux condensateurs C1, C2 et C3 ? Tout simplement parce que c'est affaire de goût personnel et d'expérimentation, compte tenu du son que vous désirez obtenir. Des valeurs moyennes indicatives vous sont données ci-après et vous pouvez modifier de façon importante la sonorité finale en jouant sur ces éléments.
Un condensateur de 1 µF assure la liaison avec un amplificateur basse

Nomenclature des composants

Résistances 5 %

R1, R2, R3 : voir texte.
R4 : 470 kΩ 1/4 W
R5 : 22 kΩ 1/4 W
R6 : 10 kΩ 1/4 W
R7 : 68 kΩ 1/4 W

Condensateurs

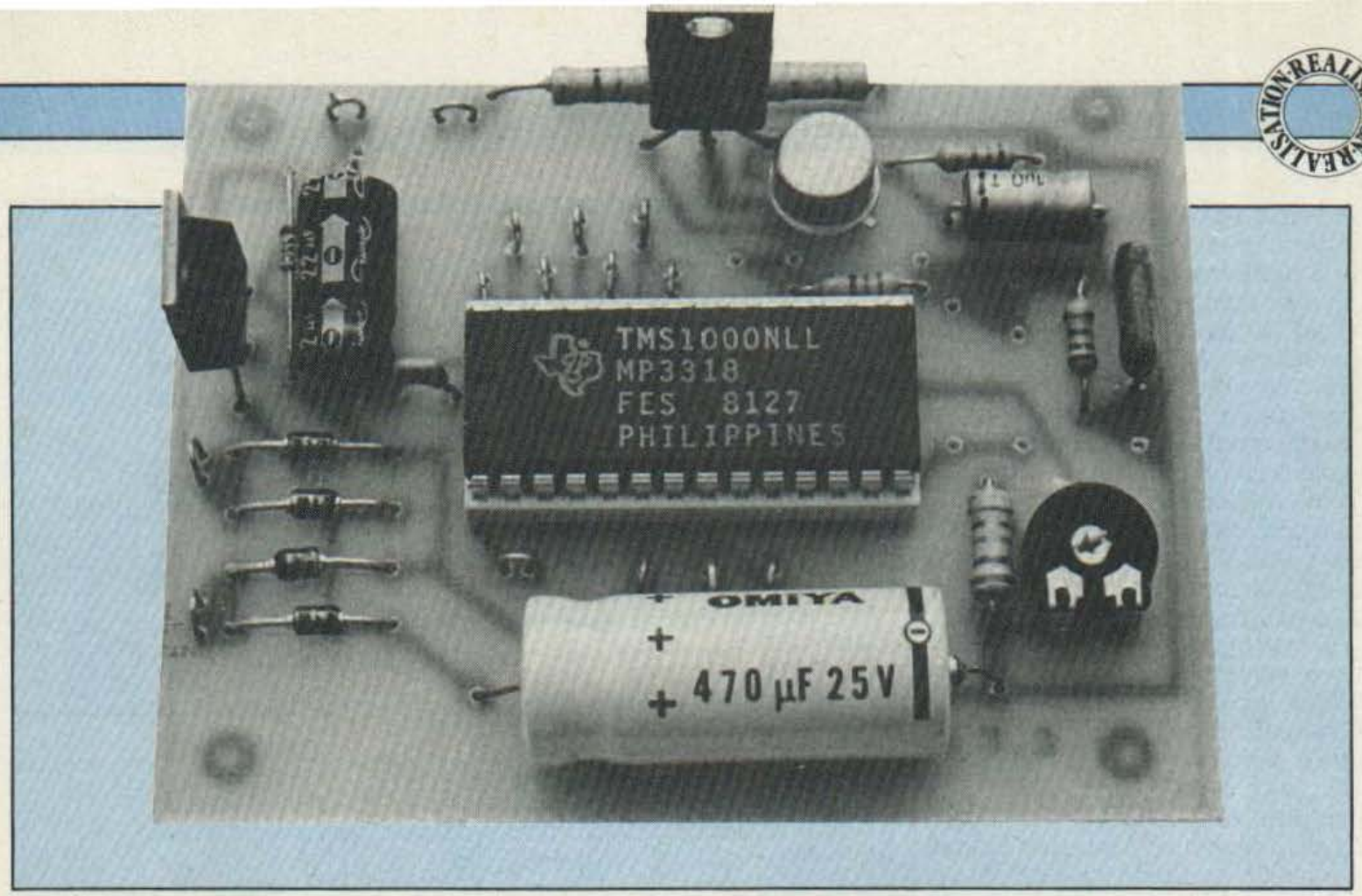
C1, C2, C3 : voir texte
C4 : 68 pF céramique
C5 : 470 à 1000 µF/25 V chimique
C6 : 22 µF/25 V chimique
C7 : 1 µF/25 V chimique

Semi-conducteurs

IC1 : Régulateur 5 V/1 A : MC7805, µA 7805, etc.
IC2 : TMS1000-MP3318 (Texas Instruments)
T1 : 2N2222A, 2N2219 A, etc.
T2 : TIP29, TIP31, etc.
D1, D2, D3, D4 : 1N4001, 1N4002, etc (50 V/1 A ou plus)
Dz : Zener 3,3 V/0,4 W : BZY88C3V3, etc.

Divers

TA : transfo 220 V/6-12 V, 3 VA ou plus
HP : Tout type (voir texte)
S1 : Commutateur 1 circuit/3 positions
S2 : Commutateur 1 circuit/12 positions
Support : Pour CI 28 pattes



A schéma simple, implantation facile : respecter, comme il se doit, les polarités des semi-conducteurs et des chimiques.

fréquence rudimentaire constitué par deux transistors montés en Darlington avec contre-réaction de courant. Ce condensateur est indispensable; en effet, les programmeurs du TMS 1000 ont «oublié» de ramener les sorties O2 et O3 toujours dans le même état à la fin d'une mélodie. Cela signifie que parfois O2 et O3 se trouvent au + 8 volts en fin de mélodie alors que d'autres fois elles sont à 0. Ce petit défaut nous interdit donc toute liaison directe car, sans condensateur dans le cas où les sorties se trouvent à 8 volts, T1 et T2 conduisent, ce qui entraîne la destruction du haut-parleur ainsi qu'une consommation prohibitive au niveau de l'alimentation.

La résistance R3 permet de doser la puissance sonore compte tenu de la localisation de cette sonnette et de l'efficacité du haut-parleur.

Comme vous pouvez le constater, le montage ne comporte aucun interrupteur marche/arrêt ce qui signifie qu'il est toujours sous tension. Cela n'a aucune importance car sa consommation n'est que de 5 mA au repos. Celle-ci ne monte que pendant les instants, relativement courts (sauf lors de la première installation de la sonnette qui ne manque en général pas d'amuser les visiteurs !) où la sonnette fonctionne réellement.

Les composants

Nous avons fait en sorte qu'ils soient d'un approvisionnement facile et nous pensons y être parvenus comme vous allez pouvoir en juger.

Le transformateur, tout d'abord, peut être n'importe quel modèle de quelques VA (à partir de 3, c'est bon !) délivrant de 8 à 12 volts. Nous avons utilisé un modèle pour sonnette de chez Legrand qui se trouve très facilement en supermarché. Le haut-parleur peut avoir une impédance et une taille quelconques. Si vous souhaitez faire du bruit, évitez tout de même de prendre un modèle trop petit; cela fonctionnerait, car l'ampli peut fournir plusieurs watts, mais le haut-parleur ne résisterait pas longtemps. La résistance R3 permet de doser cette puissance en fonction de l'impédance du transducteur et de vos désirs, sa valeur pouvant aller de 10 ohms à 100 ohms environ et il est bon de prendre un modèle de 1 watt.

Les résistances R1 et R2 : la valeur de départ est 6,8 kohms et il ne faut pas descendre en dessous; cependant vous pouvez augmenter cette valeur pour changer la sonorité de la sonnette. La sortie O3 délivre un son de fréquence deux fois supérieure à celui disponible sur la sortie O2 et le rapport des valeurs de R1 et R2 dose le mélange de ces deux sonorités. Il est même possible de ne pas monter R1 ou R2 (selon vos goûts, encore).

Les condensateurs C1, C2 et C3 sont aussi affaire d'appréciation; la sonnette fonctionne très bien sans eux, mais les ajouter permet d'adoucir le son (C3) ou d'augmenter son taux d'harmoniques (C1 et C2). Les valeurs de ces condensateurs peuvent aller de 10 nF à 0,22 μF mais, nous insistons, ils ne sont nullement obligatoires. Quant au TMS 1000 MP 3318 on le trouvera chez tous les revendeurs sérieux (il y en a encore !) et il est bon de lui prévoir un support, non pas qu'il soit spécialement fragile mais cela permet, éventuellement, de ne pas l'immobiliser pour cette application.

Les commutateurs seront des modèles 1 circuit/3 positions pour S1 et 1 circuit/12 positions pour S2 (il

n'existe pas au standard 1 circuit/8 positions). Ce dernier sera bloqué à 8 positions au moyen de l'ergot mobile dont il dispose à cet effet. Pour le poussoir n'importe quel modèle faisant contact en appuyant, conviendra. Si vous utilisez ce montage en remplacement de votre sonnette, le poussoir d'origine sera certainement utilisable. Les autres composants n'appellent aucune remarque particulière et leur liste est donnée dans le tableau de nomenclature.

La réalisation

Nous avons fait appel à un circuit imprimé simple face dont le tracé très simple vous est indiqué à l'échelle 1 en figure 4. Tous les moyens sont bons pour le reproduire depuis le transfert direct jusqu'à la méthode photographique en passant par le feutre à circuits imprimés.

Une fois celui-ci réalisé et la qualité des pistes contrôlée (surtout dans le cas d'un tracé au feutre), vous pouvez implanter les composants conformément aux indications de la figure 5. L'ordre habituel doit être respecté pour cette opération à savoir : strap (il n'y en a qu'un), support de CI, résistances, condensateurs, transistors et diodes. Le circuit intégré ne sera pas mis sur son support pour l'instant. Le brochage des semi-conducteurs utilisés est indiqué figure 6 et peut être consulté en cas de doute; à ce propos, si vous n'utilisez pas pour T2 un TIP 29 ou 31 comme indiqué dans la nomenclature mais un autre transistor NPN de moyenne puissance, vérifiez son brochage sur un catalogue ou à l'ohmmètre car il n'est pas forcément conforme à celui indiqué. Deux possibilités existent en effet pour les places respectives de la base et de l'émetteur. Si vous utilisez un TIP, la figure 6 est correcte.

Le régulateur intégré et le transistor T2 n'ont pas besoin de radiateur tant que ce montage s'utilise en sonnette de porte; en effet, et même si vous demandez de la puissance au haut-parleur, cette demande est de courte durée puisque la plus longue

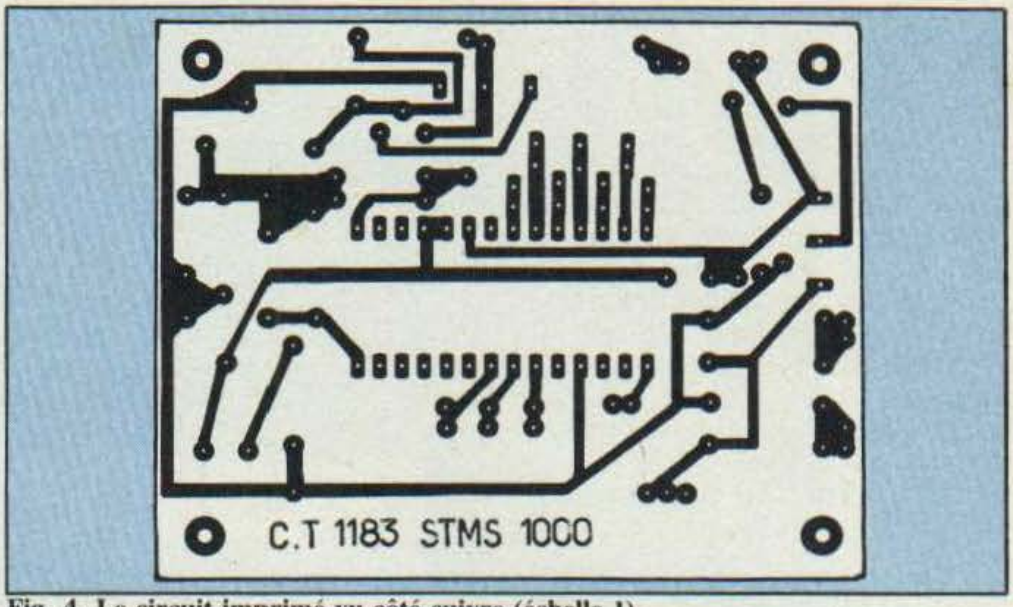


Fig. 4. Le circuit imprimé vu côté cuivre (échelle 1).

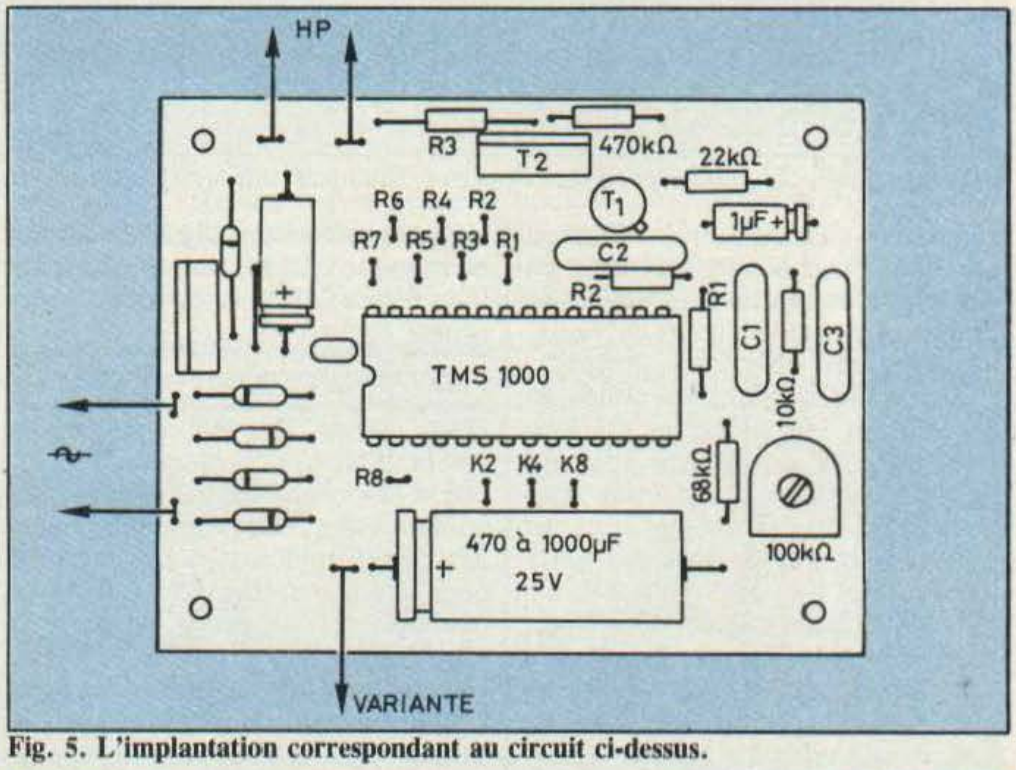


Fig. 5. L'implantation correspondant au circuit ci-dessus.

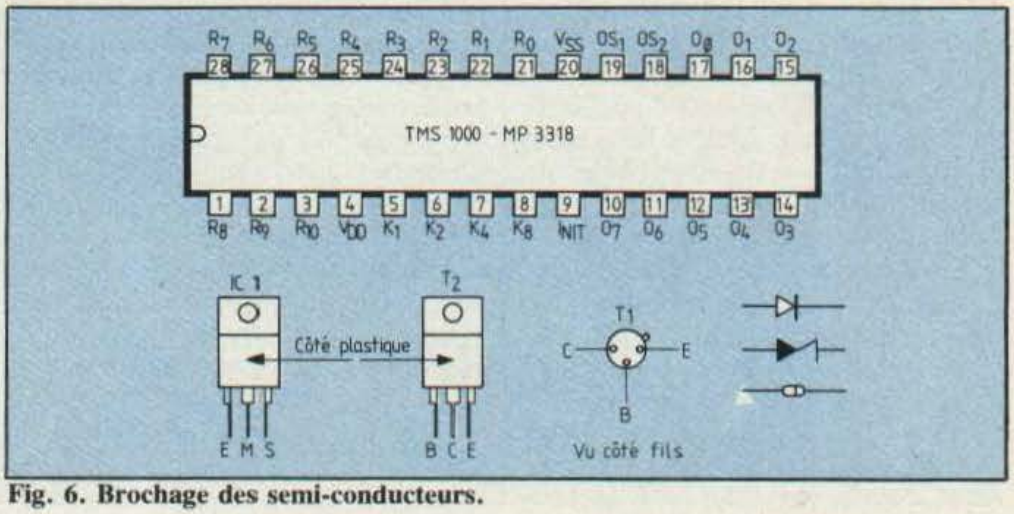


Fig. 6. Brochage des semi-conducteurs.

mélodie ne dure que quelques secondes; l'échauffement qui en résulte est donc négligeable et les composants ont largement le temps de refroidir entre deux coups de sonnette consécutifs (à moins que vous ayez de nombreux visiteurs !). Nous avons monté l'ensemble des composants dans un boîtier fort laid mais très peu coûteux et qui convient très bien à cette application : un boîtier en plastique pour raccordement électrique de chez Legrand ou autres. Le haut-parleur est fixé à l'intérieur et dispense ses douces mélodies par quelques trous percés dans une face, alors qu'on montera les commutateurs sur un flanc du coffret. Deux dominos sont vissés sur un de ses côtés et reçoivent l'arrivée du secteur et le poussoir. Si vous voulez faire une réalisation encore plus économique, il est possible de supprimer les commutateurs et de câbler à demeure une sélection mais, vu le répertoire proposé et la faible économie ainsi réalisée, ce serait dommage.

Les essais

Après une inspection très soignée du câblage, et si vous disposez d'un contrôleur universel, ne placez pas encore le CI sur son support : mettez le montage sous tension et vérifiez que vous avez bien 8 volts d'alimentation entre les pattes 4 et 20 du support avec le positif sur la patte 20. Si tel est le cas, coupez le courant, mettez le TMS en place, et mettez sous tension.

Rien ne se passe tant que vous n'appuyez pas sur le poussoir; en revanche, quelques dixièmes de secondes après une pression sur celui-ci, la mélodie sélectionnée doit se faire entendre. Attention, la réaction du circuit, vu le principe qu'il utilise, n'est pas instantanée et peut nécessiter le maintien du poussoir appuyé une demi-seconde à une seconde; ce n'est pas un handicap pour l'application envisagée. Ajustez alors la fréquence d'horloge au moyen du potentiomètre afin d'obtenir un rythme et une fréquence conforme à ce que vous êtes habitué à entendre pour la mélodie considérée.

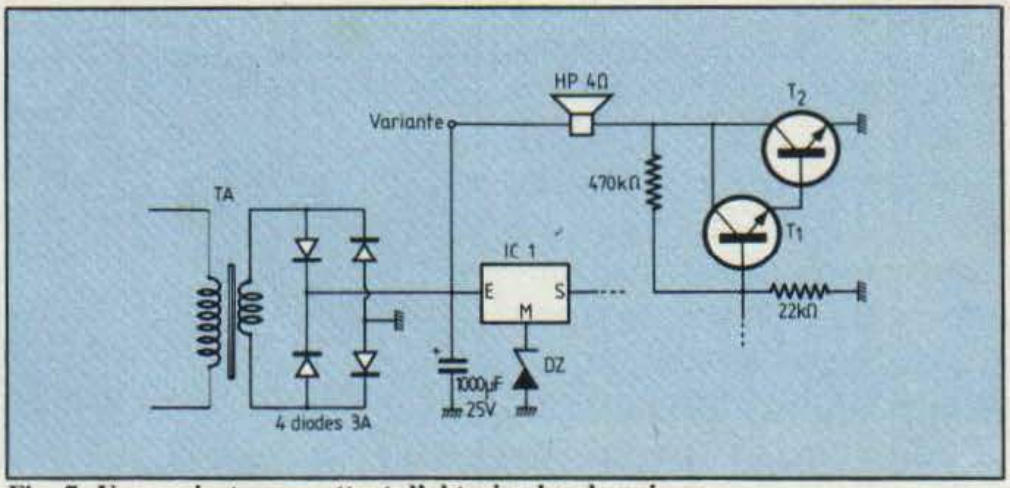


Fig. 7. Une variante permettant d'obtenir plus de puissance.

Si vous le désirez, vous pouvez alors jouer sur les résistances R1 et R2 ainsi que sur C1, C2 et C3 pour modifier la sonorité produite. Ajustez aussi, si nécessaire, R3 pour obtenir le volume désiré. Attention, les petits haut-parleurs que l'on peut récupérer dans les postes radios ou les magnétocassettes de petite taille ont généralement une puissance limitée à 400 mW. Si leur impédance est de 8 ohms (cas général) cela signifie que R3 ne doit pas descendre en dessous de 27 ohms sinon leur membrane risque de traverser votre atelier ! Vérifiez que la manœuvre des commutateurs permet bien de réaliser les sélections indiquées figure 3, une impossibilité à ce niveau ne pouvant provenir que d'une erreur de câblage d'un commutateur.

Quelques remarques

La première, que nous avons déjà faite lors de l'étude du schéma, est que le montage reste en permanence sous tension. Cela n'est pas gênant car il consomme à peu près 5 mA sur 8 volts (pas d'échauffement notable des composants, qui ne risquent absolument rien).

La deuxière remarque concerne la durée de pression sur l'interrupteur : la mélodie choisie est toujours jouée intégralement. Mais, si la pression est de durée trop courte, la sonnette l'ignore et si elle est de durée supérieure à celle de la mélodie, le circuit repart pour un tour et vous offre une deuxième interprétation du chef-d'œuvre.

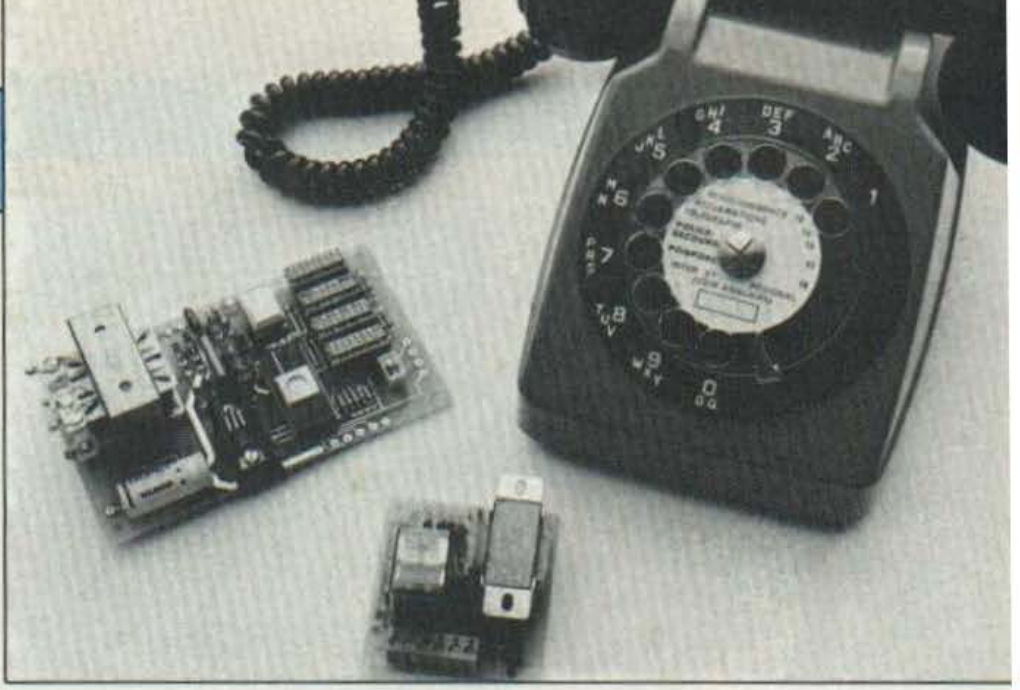
Enfin, si vous habitez un château ou si vous aimez bien écouter votre chaîne hi-fi à un niveau indécent passé 22 heures, il se peut que vous trouviez la puissance fournie par le montage insuffisante. En effet, avec un haut-parleur de 8 ohms et une résistance R3 réduite à 0, il délivre au maximum 8 watts du fait de la limitation en courant imposée par le régulateur IC1. Bien que cela fasse déjà beaucoup de bruit, vous pouvez aller encore plus loin au prix d'une petite modification du câblage tout en conservant le même circuit imprimé. Il suffit de connecter le haut-parleur comme indiqué figure 7; de remplacer les diodes 1 ampère proposées par des modèles 3 ampères, de prendre un transfo d'une dizaine de VA et de choisir un haut-parleur de 4 ohms. Dans ces conditions, vous pouvez lui faire délivrer près de 25 watts ce qui doit satisfaire tous les cas.

Conclusion

Nous en avons terminé avec la description de ce petit montage dont l'intérêt essentiel n'est pas tant de servir de sonnette que de montrer ce que l'on peut faire avec un microprocesseur monochip convenablement programmé. La dépense engagée pour le réaliser est très réduite ce qui permet de le construire pour se faire plaisir ou, pourquoi pas, pour l'offrir à un ami non convaincu des possibilités très diverses de la micro-informatique.

C. Tavernier

Suite logique du programmateur de 68705 décrit le mois dernier, une réalisation utilisant ce micro-contrôleur et destinée à une transmission d'information par voie téléphonique, après composition automatique d'un numéro parmi 4.



TRANSMETTEUR TELEPHONIQUE AUTOMATIQUE

Nous avons longuement hésité avant de rédiger le titre de cet article ; en effet, il est difficile de condenser en peu de mots les fonctions du montage que nous vous proposons aujourd'hui. Ces quelques lignes d'introduction vont donc vous présenter plus en détail les possibilités de l'appareil. Ce montage est un ensemble capable de mémoriser quatre numéros de téléphone, la mémorisation de l'un des quatre étant permanente, même en cas de coupures de courant prolongées. Sur simple changement d'état d'une de ses trois entrées, le montage est capable de composer un ou plusieurs de ces numéros et d'émettre sur la ligne téléphonique un signal basse fréquence aisément reconnaissable. Il peut aussi, si vous préférez, envoyer sur la ligne téléphonique les signaux délivrés par un magnétophone qu'il télécommande alors.

L'utilité d'un tel dispositif n'est pas à démontrer et les quelques exemples que voici ne sont pas limitatifs. Il peut être placé près d'une personne âgée, malade ou handicapée qui, sur simple pression d'un poussoir (mis à portée de main) pourra ainsi lancer un appel au secours en cas de besoin. Il peut être relié à une alarme qui, plutôt que d'alerter tout le voisinage sans effet, téléphonera ainsi à une ou plusieurs personnes averties (voire à la gendarmerie dans le cas d'une diffusion automatique de message au moyen d'un magnétophone). On peut, enfin, le relier à tout autre système de surveillance (d'une chaudière de chauffage central, par exemple, ou d'un congélateur) et vous avertir, lorsque vous êtes loin de chez vous, de toute anomalie. Comme vous le constatez, la micro-informatique peut servir à autre chose qu'à jouer avec des astéroïdes...

Généralités

Nous vous avons présenté, dans notre précédent numéro, la réalisation d'un programmateur de 68705 P3 et, surtout, le microprocesseur 68705 P3 lui-même en vous promettant des applications dans les mois à venir ; nous tenons parole puisque le seul circuit intégré numérique utilisé dans ce montage est un MC 68705 P3 L. Rassurez-vous tout de suite, il n'est pas indispensable de construire le programmateur *(voir Micro et Robots n° 2)* pour pouvoir réaliser ce montage ; le 68705 P3 L correctement programmé étant disponible comme indiqué en fin d'article.

Notre montage s'alimente par le secteur, en raison de la consommation assez importante du 68705, mais une sauvegarde par batterie est prévue qui lui permet de supporter les coupures secteur de quelques minutes à quelques heures

(selon la capacité des batteries utilisées). De plus, en cas de coupure trop longue et d'épuisement des batteries, un numéro reste tout de même programmé et peut être appelé dès le retour du secteur. Ce montage se branche sans modification sur votre installation téléphonique qu'il ne perturbe en aucun cas, qu'il soit alimenté ou non. Il n'utilise la ligne téléphonique que lorsqu'il est activé et qu'il compose un numéro afin de transmettre un message.

Il dispose, enfin, de trois entrées et il suffit de relier l'une d'elle à la masse pour déclencher la composition du numéro qui lui est affecté. Ces entrées sont munies d'une fonction anti-rebondissement par logiciel et on peut donc les relier directement à un contact de relais, un poussoir ou tout autre dispositif. Précisons, par ailleurs, que les numéros composés par l'appareil sont choisis par vos soins et c'est vous qui les mémorisez dans le 68705 lorsque vous le désirez. Le changement de numéro prend à peu près 30 secondes à 1 minute et peut s'effectuer à tout instant. Il n'y a aucune restriction (en France) quant aux numéros utilisables et il est possible de programmer des numéros d'appel dans d'autres départements que celui où se trouve l'appareil (il sait composer le 16!). Nous n'avons, en revanche, pas prévu la composition de numéros internationaux qui aurait par trop alourdi le montage, pour un intérêt supplémentaire limité. Nous n'avons pas, non plus, développé de programme spécifique à des pays autres que la France et nous prions nos amis lecteurs étrangers de bien vouloir nous en excuser (la diversité des systèmes utilisés de par le monde nous aurait conduit à un travail véritablement titanesque!).

Un peu de téléphonie

Composer un numéro de téléphone n'est pas très compliqué, encore faut-il en connaître le principe et les chronogrammes. Examinez la figure 1 qui représente le schéma

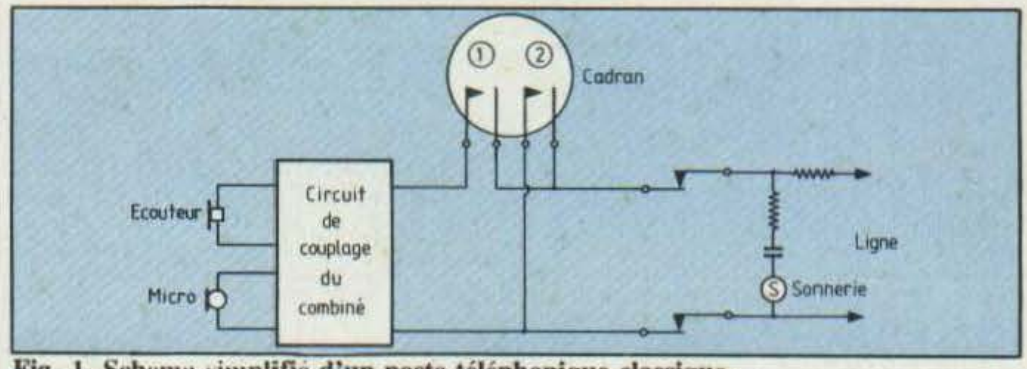


Fig. 1. Schema simplifié d'un poste téléphonique classique.

simplifié d'un poste téléphonique à cadran classique; nous y voyons :

— Le circuit de sonnerie qui ne nous intéresse pas pour cette application.

— Le circuit de couplage du combiné, constitué, généralement, par un transformateur assez spécial et qui réalise la liaison entre le micro, l'écouteur et la ligne proprement dite. Ce circuit comporte également un dispositif dit «anti-local» qui vous empêche d'entendre votre voix avec un niveau prohibitif dans l'écouteur.

— Le cadran proprement dit et auquel nous allons nous intéresser d'un peu plus près.

Le cadran comporte, grosso modo, deux interrupteurs repérés 1 et 2 sur la figure 1. Lorsque le combiné est décroché, le contact 2 est ouvert et 1 est fermé reliant ce dernier (le combiné) à la ligne. Lorsque vous composez un numéro, en revanche, 1 est ouvert, isolant ainsi le combiné des bruits de numérotation et 2 s'ouvre et se ferme alternativement à vitesse contrôlée pour former le numéro. Le fait de composer un 2 fera ouvrir 2 deux fois de suite, le fait de composer un 0 fera ouvrir 2 dix fois de suite. C'est aussi simple que cela!

Les temps d'ouverture et de fermeture de 2 sont évidemment parfaitement définis par des normes PTT et sont plus ou moins respectés dans les appareils à cadran rotatif. En effet, dans ces derniers, la régulation de la vitesse de composition, qui est celle du retour arrière du cadran, est assurée par un régulateur centrifuge mécanique... Heureusement, les centraux se révèlent très tolérants sur cette vitesse de composition. Notre appareil, quant à lui, respecte les normes officielles et ne vous posera aucun problème sur ce plan (ni sur d'autres non plus, d'ailleurs!). L'explication que nous venons de fournir reste valable pour les téléphones à cadran rotatif. Pour les modèles à clavier, deux cas peuvent se présenter :

— Vous avez un appareil à clavier dit décimal (?), c'est-à-dire un appareil où le clavier ne fait que remplacer bêtement la «roulette» classique, auquel cas nos explications sont toujours bonnes car le principe de composition reste le même, la génération des ouvertures de ligne étant cette fois réalisée par un circuit électronique.

— Vous avez un téléphone à clavier multi-fréquences aisément reconnaissable à la petite musique que l'on entend en composant les numéros. Dans ce cas le principe exposé n'est plus valable, chaque numéro est en effet représenté par des fréquences audibles (celles-là même que vous entendez lors de la composition). Heureusement pour nous, les centraux téléphoniques reliés à ces téléphones comprennent toujours la composition effectuée selon le «vieux» principe et notre montage fonctionne dans ce cas également.

Cela étant vu, examinons comment se connecte notre appareil de manière à ne pas perturber l'installation existante. Il nous faut alors cela regarder la figure 2. Nous y voyons, outre le ou les téléphones de votre installation actuelle, deux contacts de relais. Ces relais sont, bien sûr, inclus dans notre montage. L'un

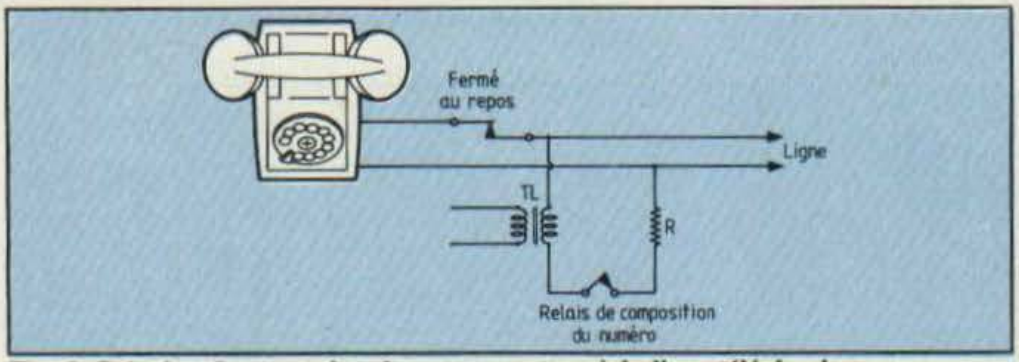


Fig. 2. Principe de connexion de notre montage à la ligne téléphonique.

d'eux, lorsqu'il est au repos, établit la liaison entre la ligne téléphonique PTT et votre ou vos appareils; l'autre reste toujours au repos dans ce cas; votre installation fonctionne alors comme si de rien n'était. Lorsque le montage doit composer un numéro, il commence par fermer le relais de composition de numéro; vu du central c'est équivalent à un décrochage du combiné de votre appareil. Il déconnecte ensuite votre téléphone en mettant au travail l'autre relais puis, comme nous l'avons expliqué, il compose le numéro par des ouvertures et des fermetures successives du relais de composition. L'opération terminée, il émet alors sur la ligne un signal caractéristique au moyen du transformateur de couplage. Lorsque le montage a conclu un cycle d'appel, il ouvre le relais de composition (ce qui équivaut à raccrocher), puis il raccorde à nouveau votre appareil à la ligne, ramenant ainsi l'installation dans son état normal.

Le schéma

Le schéma complet de notre montage est présenté figure 3. Comme nous vous l'avons indiqué, il n'utilise qu'un circuit intégré en l'occurence le fameux micro contrôleur MC 68705 P3 L. Nous allons l'analyser étape par étape avant de passer à sa réalisation pratique.

L'alimentation se compose d'un transformateur qui délivre une tension de 9 volts alternatifs; cette tension est redressée et filtrée avant d'être appliquée à un régulateur intégré 5 volts qui alimente le reste du montage. Cette tension redressée et filtrée alimente aussi, via une résistance de limitation de courant, une batterie constituée de 6 éléments cadmium-nickel de 1,2 volt qui viennent en secours du secteur au moyen de la diode D1. Le relais RL1 s'alimente également avant le régulateur ce qui permet à ce dernier de dissiper un peu moins de calories.

Le câblage du microprocesseur est classique pour qui a lu notre article de présentation de ce circuit dans le numéro de décembre. Nous avons choisi de fonctionner sans quartz d'horloge ce qui explique la liaison entre le + 5 volts et la patte XTAL par une résistance. Les entrées INT et TIMER sont inutilisées et ne sont connectées que pour fixer un niveau, solution préférable à celle consistant à les laisser «en l'air» (sensibilité aux perturbations).

Les lignes PB5, PB6 et PB7 sont programmées en sorties. PB5 commande le relais qui déconnecte le téléphone de la ligne au moyen des contacts reliés à T1 et L1. Un autre jeu de contacts de ce même relais permet la mise en marche automatique d'un magnétophone pour diffuser un message au numéro appelé. PB6 commande directement le relais de composition de numéro. Cette sortie étant une ligne à «fort» courant (10 mA) elle peut attaquer directement RL2 qui est un modèle en boîtier DIL fort peu gourmand en énergie. La ligne PB7, enfin, génère des signaux carrés à fréquence audible selon un mode aisément reconnaissable; signaux qui sont envoyés sur la ligne téléphonique via T2 et le transformateur TL. A ce niveau, diverses options : si vous souhaitez envoyer simplement le «bip bip» du montage, le strap sera mis en place et R15 sera inutile; si, en revanche, vous voulez diffuser un message enregistré sur magnétophone, le strap ne sera pas mis en place mais on câblera R15 ainsi que la liaison au magnétophone.

Les lignes PB2, PB3 et PB4 sont programmées en entrées et sont reliées aux trois lignes d'entrées du montage, maintenues au niveau + 5 volts par des résistances : le fait de passer l'une d'entre elles à la masse déclenche la composition du numéro lui correspondant. Les lignes PB0 et PB1 sont aussi programmées en entrées et permettent, par le jeu des interrupteurs SO et S1, de choisir le mode de fonctionnement du montage parmi les quatre que nous vous proposons.

Les lignes PA0 à PA7, enfin, sont programmées en entrées et, conjointement aux lignes PC0 à PC3 qui, elles, sont en sorties, elles peuvent lire les mini-interrupteurs C0 à C7 qui permettent d'apprendre les numéros de téléphone au 68705.

L'entrée RESET du 68705 reçoit un condensateur de 1 μF assurant une mise à zéro automatique à la mise sous tension; cependant, un poussoir permet de faire un RESET volontaire lorsque le besoin s'en fait sentir (changement de numéro programmé par exemple).

Les composants

Leur approvisionnement ne présente pas de difficulté majeure mais certains d'entre eux nécessitent cependant un petit commentaire. Nous avons fait appel, pour cette réalisation, à deux circuits imprimés : un double face à trous métallisés qui supporte l'essentiel du montage et un simple face «normal» qui supporte les composants d'interface avec la ligne téléphonique. Ces circuits imprimés sont disponibles, étamés, percés et prêts à l'emploi chez FACIM, 19 rue de Hegenheim, 68300 Saint-Louis qui pratique, bien sûr, la vente par correspondance.

Le circuit 68705 P3 se trouve chez certains revendeurs : nous avons pu nous approvisionner facilement, par exemple, chez TCICOM, 7 quai de l'Oise 75019 Paris (tél. 239.23.61).

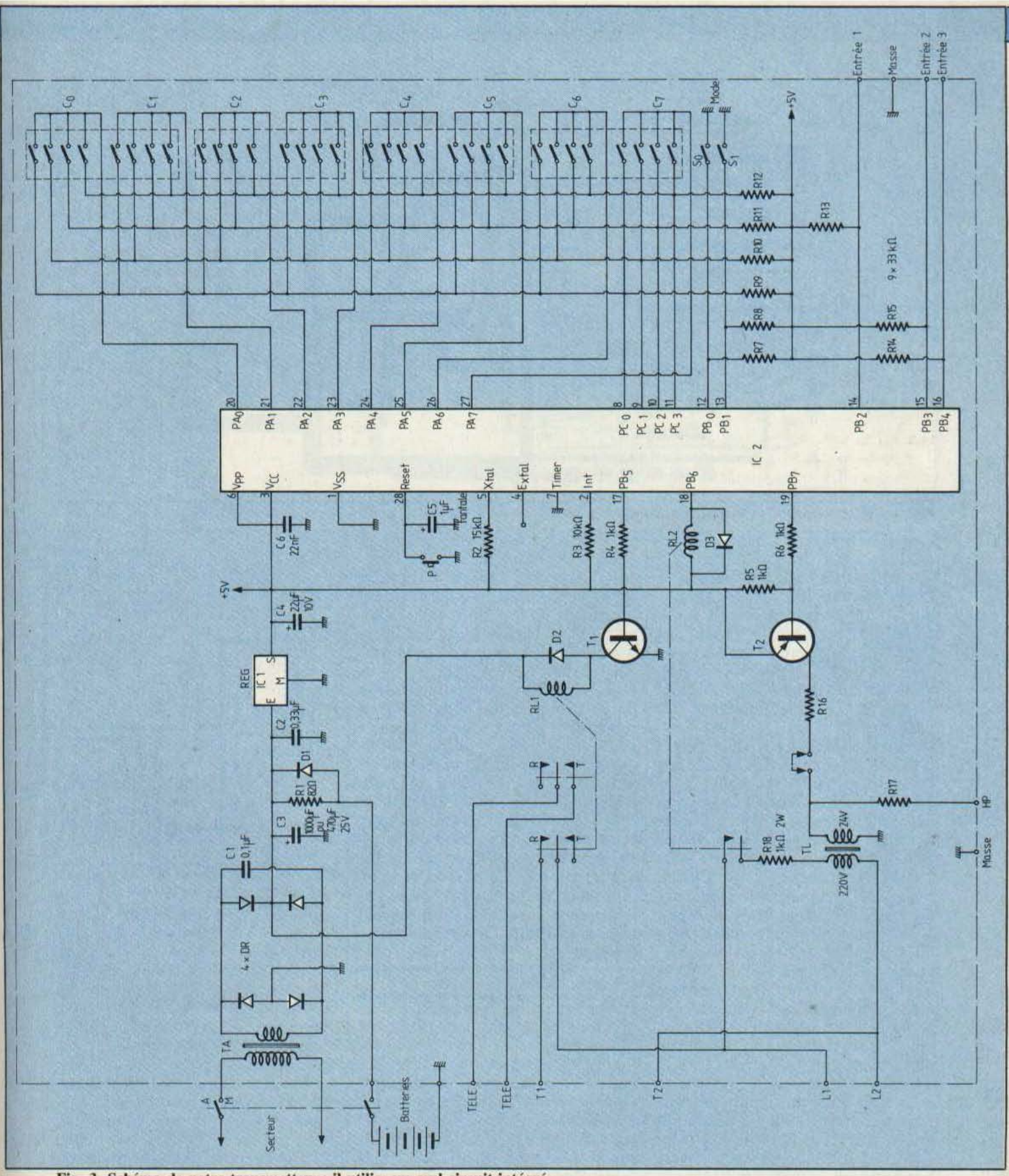


Fig. 3. Schéma de notre transmetteur; il utilise un seul circuit intégré.

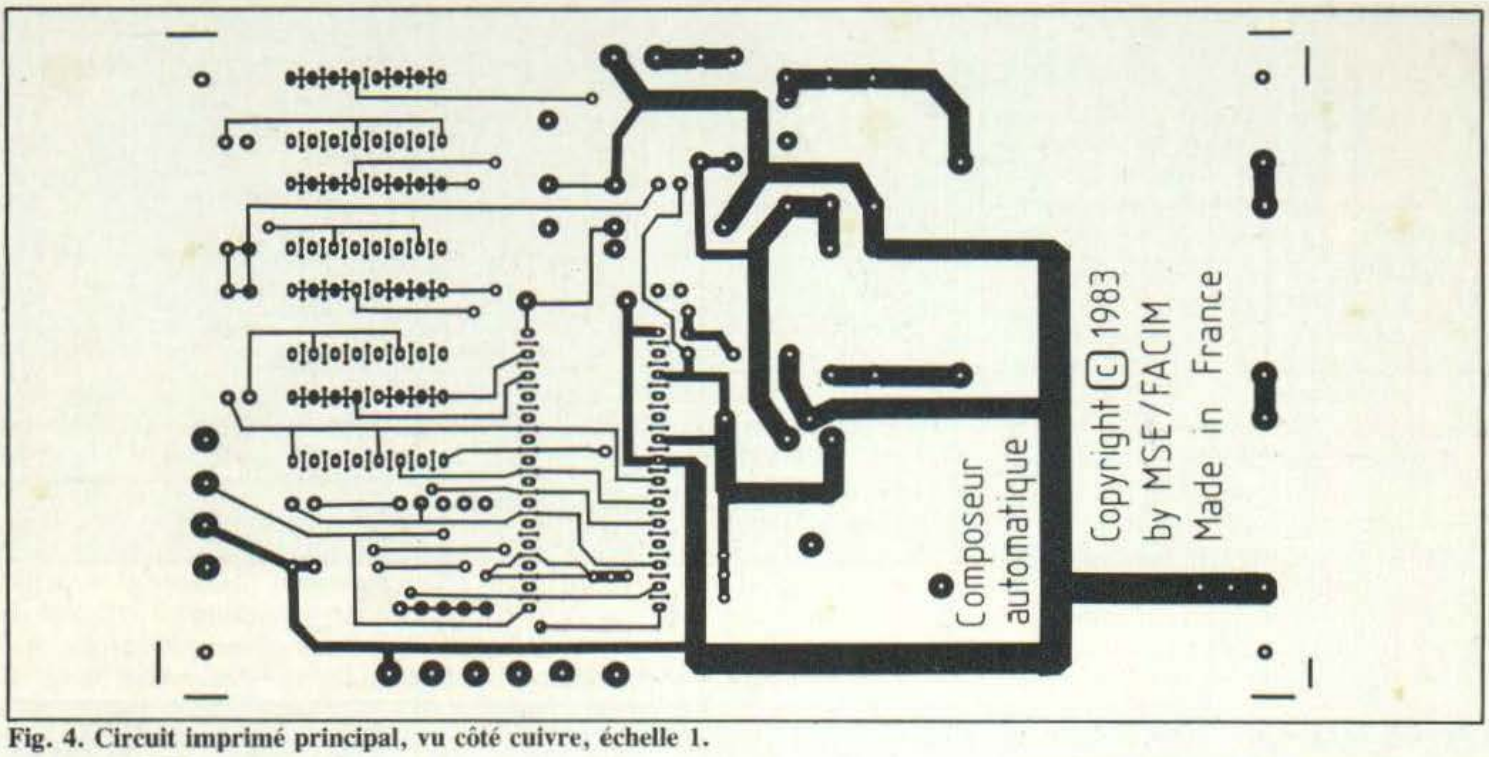


Fig. 4. Circuit imprimé principal, vu côté cuivre, échelle 1.

Les interrupteurs C0 à C7 sont constitués par des ensembles de 8 interrupteurs en boîtier DIL (boîtier de circuit intégré); chaque ensemble groupant deux chiffres (C0-C1, C2-C3,... C6-C7). S0 et S1 sont des interrupteurs du même type mais ne sont que deux. Le poussoir de RESET est une touche type Digitast disponible chez de nombreux revendeurs.

Le relais RL1 est un modèle à deux contacts repos/travail et dont la bobine est prévue pour coller sous 6 volts environ, pour un courant de collage inférieur à 100 mA. Le relais RL2 est un modèle en boîtier DIL, 1 contact travail, collage sous 5 volts (par exemple, un Celduc type D 31 A, mais de nombreux équivalents existent sur le marché).

Rien de critique pour le transfo TL : nous avons employé un transformateur 220/24 volts de 1,8 VA (pour qu'il soit le plus petit possible) mais n'importe quel modèle plus puissant peut convenir. Les résistances R16 et R17 sont à ajuster au moment des essais finaux car elles dépendent du transfo TL utilisé et de la puissance du signal que vous voulez fournir à la ligne téléphonique (à titre indicatif, 680 Ω pour R16 et 100 Ω pour R17).

Les batteries auront la taille de votre choix, le seul point important étant leur nombre : six, afin de produire 7,2 volts. Plus leur capacité sera élevée, plus le montage tiendra longtemps en cas de coupure secteur; en contrepartie, l'encombrement augmentera (quelle perspicacité !) ainsi que leur prix.

Pour ce qui est de la programmation du 68705 ou de son obtention tout programmé, l'auteur de ces lignes a mis à votre disposition divers services (fourniture du listing hexadécimal de programmation, programmation par ses soins de 68705, etc.); tous les renseignements à ce sujet vous seront fournis contre une enveloppe à votre adressse affranchie à 2 francs (ou 1,60 francs si vous êtes partisan du courrier «lent») et adressée à la rédaction du journal avec la mention «composeur automatique».

La réalisation

Pour ceux qui ne souhaitent pas se procurer les circuits imprimés prêts à l'emploi (ce que nous déconseillons pour le circuit principal, un double face à trous métallisés), nous indiquons en figure 4 et 5, les dessins des deux faces du CI principal et en figure 6, le dessin du circuit simple face supportant les composants d'interface avec la ligne téléphonique. Une fois munis de ces circuits, on commence le montage. Sur le circuit principal et selon l'ordre classique, vous allez souder les composants passifs et le support du 68705 puis les quelques diodes dans le bon sens, de préférence. Le plan d'implantation de la figure 7 vous servant de guide pour ce travail sans grande difficulté. Le régulateur intégré est monté à plat sur le circuit imprimé après interposition d'un petit radiateur en U, en métal noirci. Attention, lors du montage de celui-ci, à ne pas réaliser de

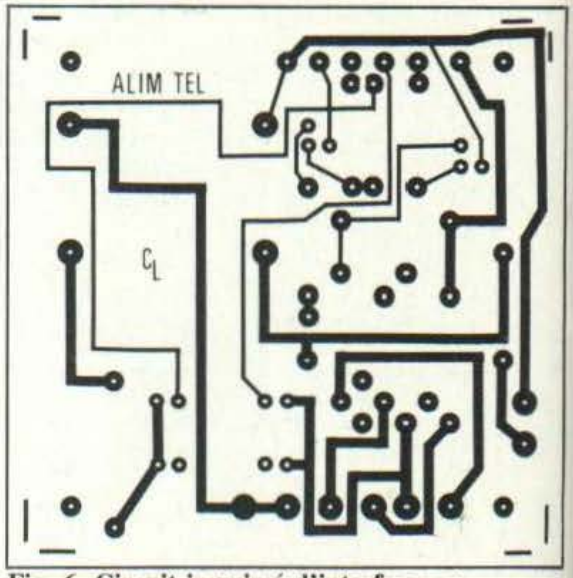


Fig. 6. Circuit imprimé d'interface, vu côté cuivré, échelle 1.

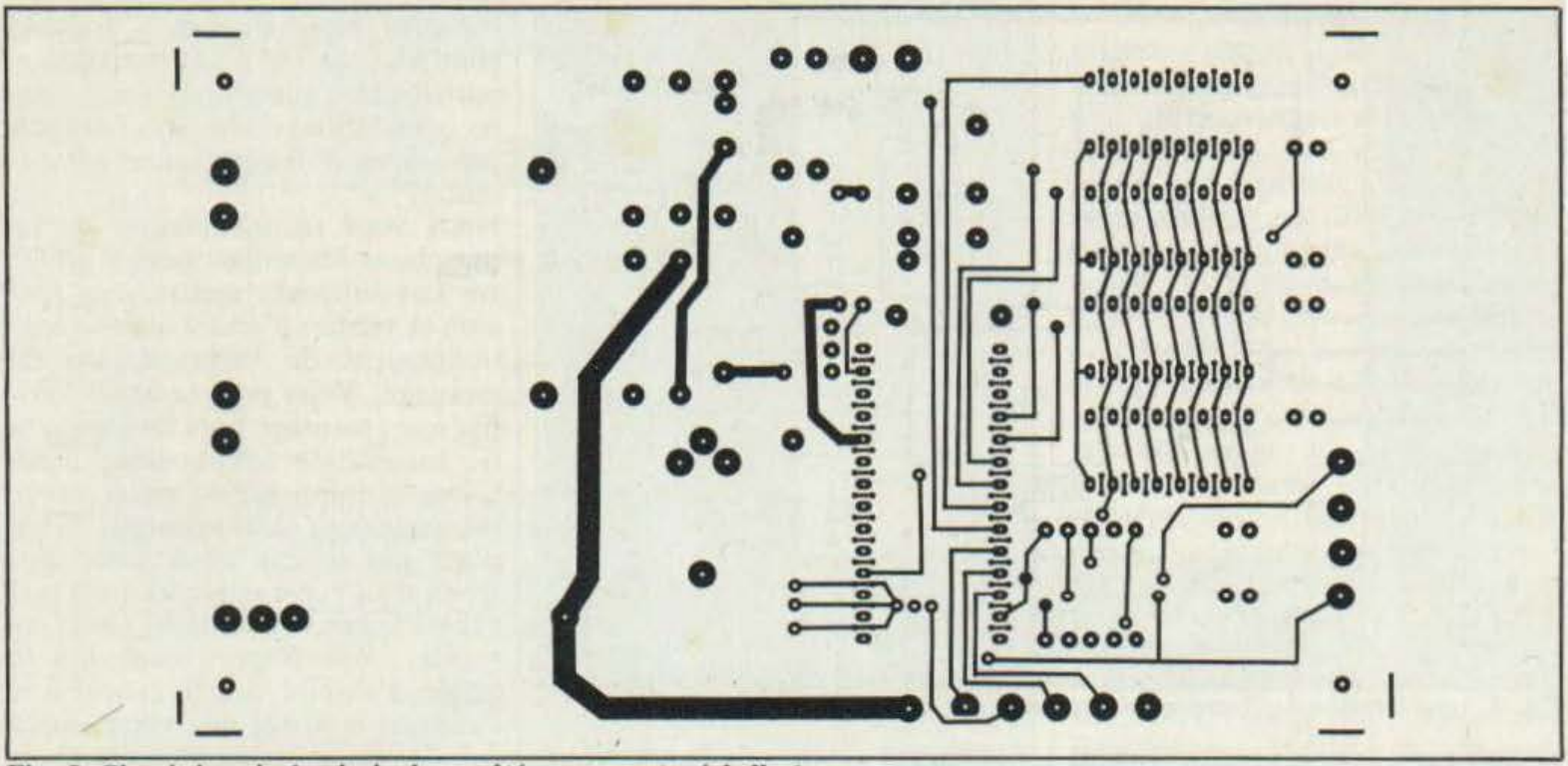


Fig. 5. Circuit imprimé principal, vu côté composants, échelle 1.

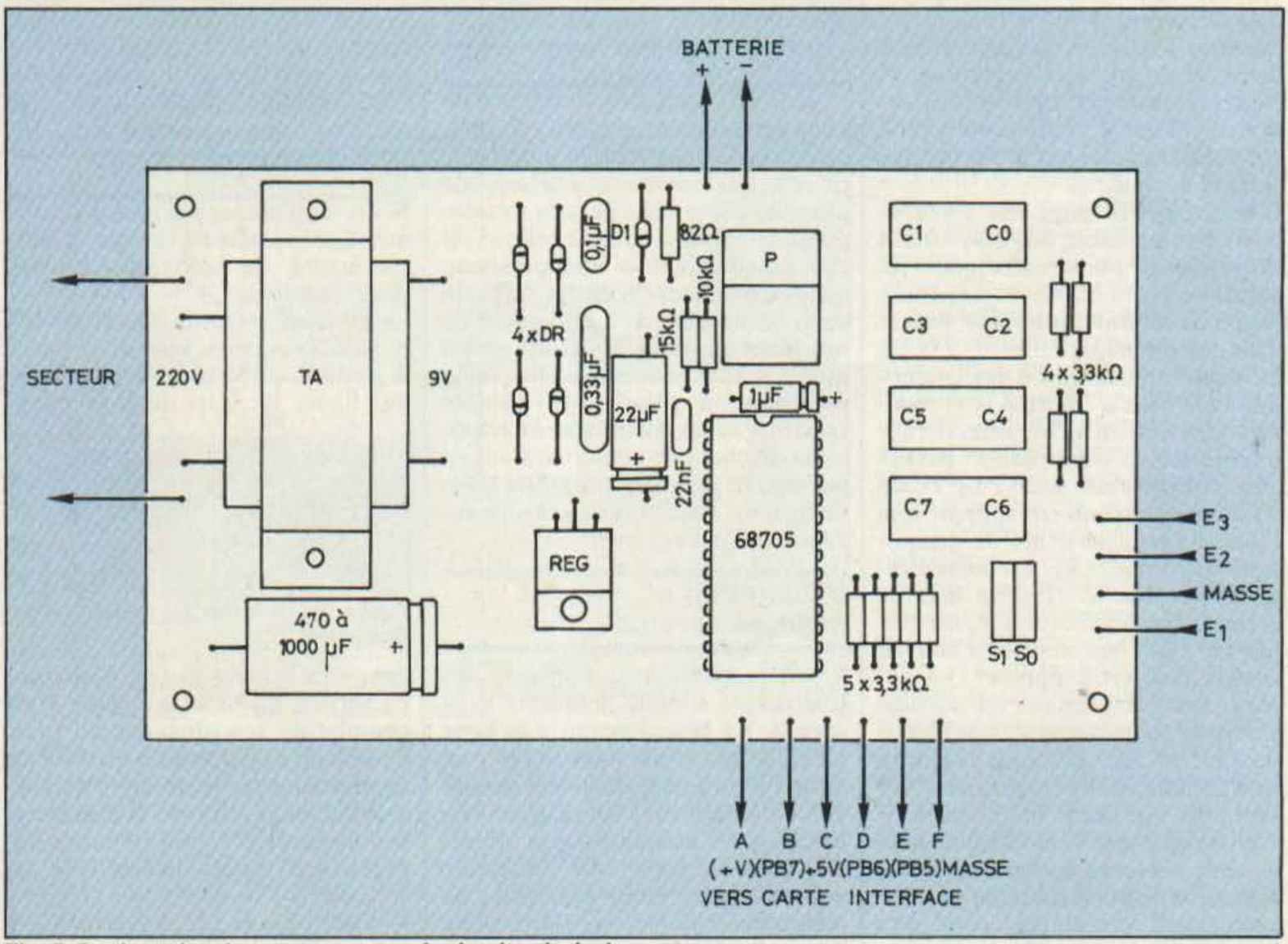


Fig. 7. Implantation des composants sur le circuit principal.

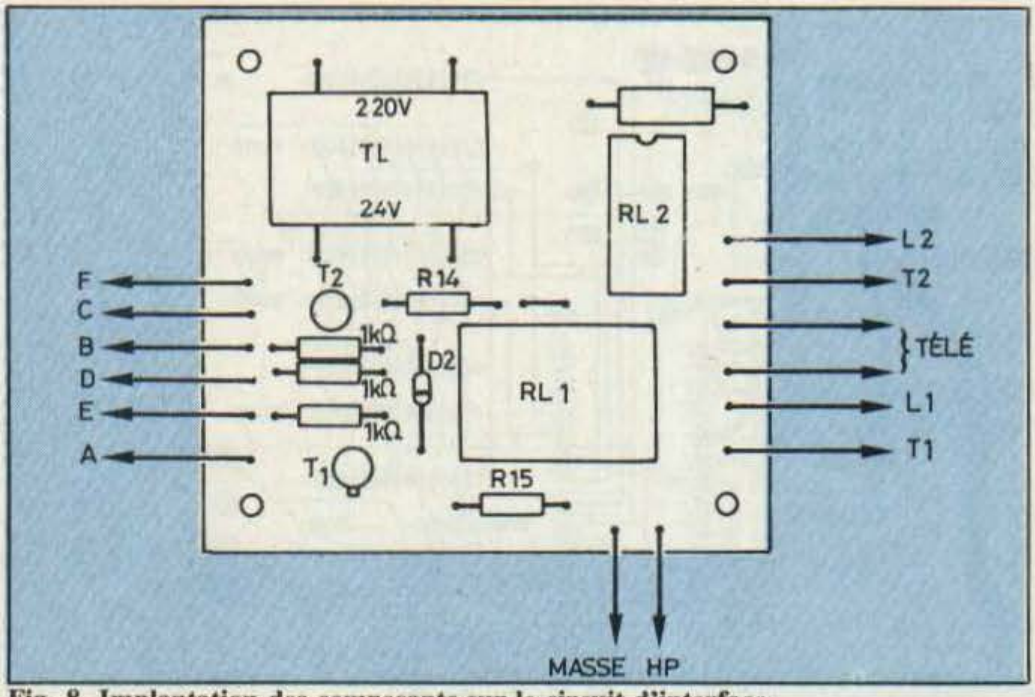


Fig. 8. Implantation des composants sur le circuit d'interface.

court-circuit avec les pistes passant en dessous. Le transformateur d'alimentation TA est monté directement sur le circuit imprimé sur lequel il est vissé. Les mini-interrupteurs peuvent être soudés directement sur le circuit imprimé ou enfichés dans des supports comme vous le souhaitez.

Lorsque le montage est terminé, contrôlez la qualité des soudures et l'absence de ponts entre pistes et pattes voisines et passez à la réalisation du circuit d'interface avec la ligne téléphonique.

Le plan d'implantation des composants est visible figure 8 et le montage sera fait, ici aussi, dans l'ordre traditionnel : composants passifs puis composants actifs. Le relais RL1 est monté sur un support très classique pour ce genre de composant. Le transfo TL est monté directement sur le CI si sa taille le permet. Le notre est collé, les pattes en l'air, au moyen d'adhésif double face (voir photos). Ici encore, une vérification du câblage s'impose, en particulier pour le sens de TL : le côté 220 volts doit être vers la ligne téléphonique. Le strap sera mis en place uniquement si vous voulez que le montage génère le «bip bip» sur la ligne; si vous souhaitez l'option message sur magnétophone, cet emplacement sera laissé vide. Les résistances R16 et R17 seront câblées de façon provisoire (fils longs) compte tenu de ce que nous avons dit à leur sujet.

Le boîtier

Il peut être quelconque (affaire de goût personnel et, surtout, d'application envisagée pour le montage). Si cette réalisation est reliée à une centrale d'alarme, elle sera avantageusement intégrée dans celle-ci; si elle est destinée à une personne âgée ou handicapée, elle sera placée dans un boîtier muni seulement de un, deux ou trois poussoirs reliés aux trois entrées. La seule contrainte à prendre en compte restant l'accès facile aux interrupteurs de choix de numéros. Ceux-ci ne devant pas être modifiés souvent, il est inutile de les rendre accessibles de l'extérieur.

Installation et mise en service

Le raccordement de l'appareil est très simple comme le montre la figure 9. Le branchement à la ligne téléphonique s'effectuera au moyen de prises normalisées, maintenant en vente dans tous les magasins de bricolage. L'idéal consiste à utiliser une prise gigogne qui s'intercale entre la prise murale et la prise du téléphone. Même si votre prise comporte plusieurs fils, seuls ceux indiqués figure 9 sont à toucher (sauf si vous avez une installation particulière, auquel cas nous vous recommandons de ne pas intervenir sans l'avis d'une personne compétente).

Nous vous recommandons de ne pas placer immédiatement le 68705 sur son support : mettre sous tension et vérifier d'abord le bon fonctionnement de l'alimentation du montage. Vous pouvez aussi vérifier que, montage hors tension, votre installation téléphonique fonctionne comme par le passé après raccordement de l'appareil. Si ce n'est pas le cas vous vous êtes trompé ou votre relais RL1 est mal câblé. Si ces vérifications sont correctes, vous pouvez alors lire le mode d'emploi décrit ci-après et l'essayer aussitôt sur votre appareil. Un comportement anormal est improbable (sauf erreur de câblage) sur les 68705 programmés par l'auteur; si vous avez programmé ce circuit vous même à partir du listing, vérifiez plutôt deux fois qu'une ce que vous avez fait...

Mode d'emploi

Nous supposerons d'abord que le montage est relié au secteur et qu'il est équipé de batteries correctement chargées.

Le montage possède quatre modes de fonctionnement sélectionnés par la position de S0 et S1 comme indiqué figure 10. Lors de la première mise sous tension ou lors de la mise en service du montage après arrêt complet de son alimentation (plus de secteur et batteries à plat) il faut impérativement le mettre en mode apprentissage afin de programmer des numéros d'appel. Le mode apprentissage fonctionne de la façon suivante :

— Placez S0 et S1 en position fermée.

Mode	S0	S1
Mode 0	ouvert	ouvert
Mode 1	fermé	ouvert
Mode 2	ouvert	fermé
Mode 4	fermé	fermé

Figure 10 : Sélection des modes de fonctionnement.

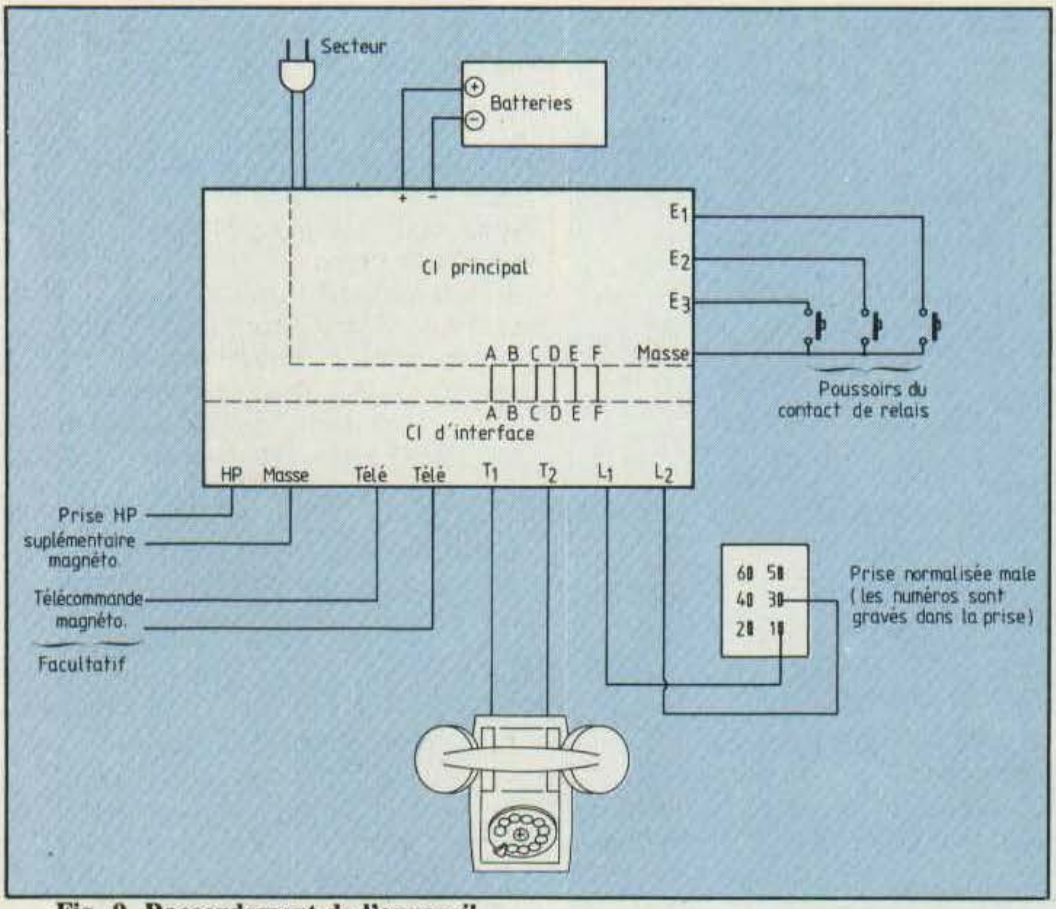


Fig. 9. Raccordement de l'appareil.

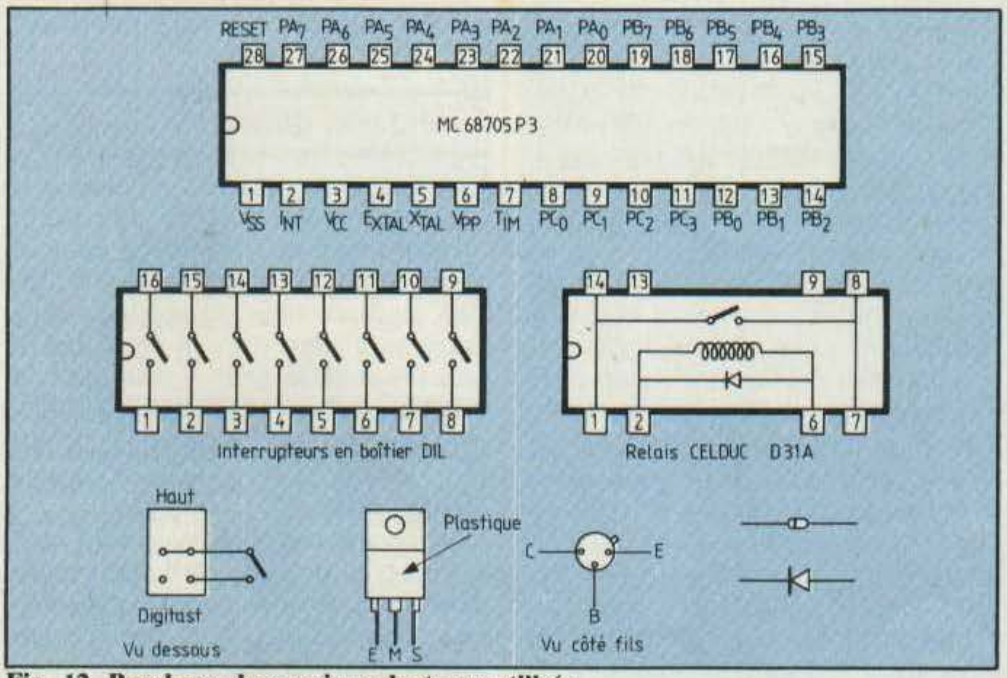
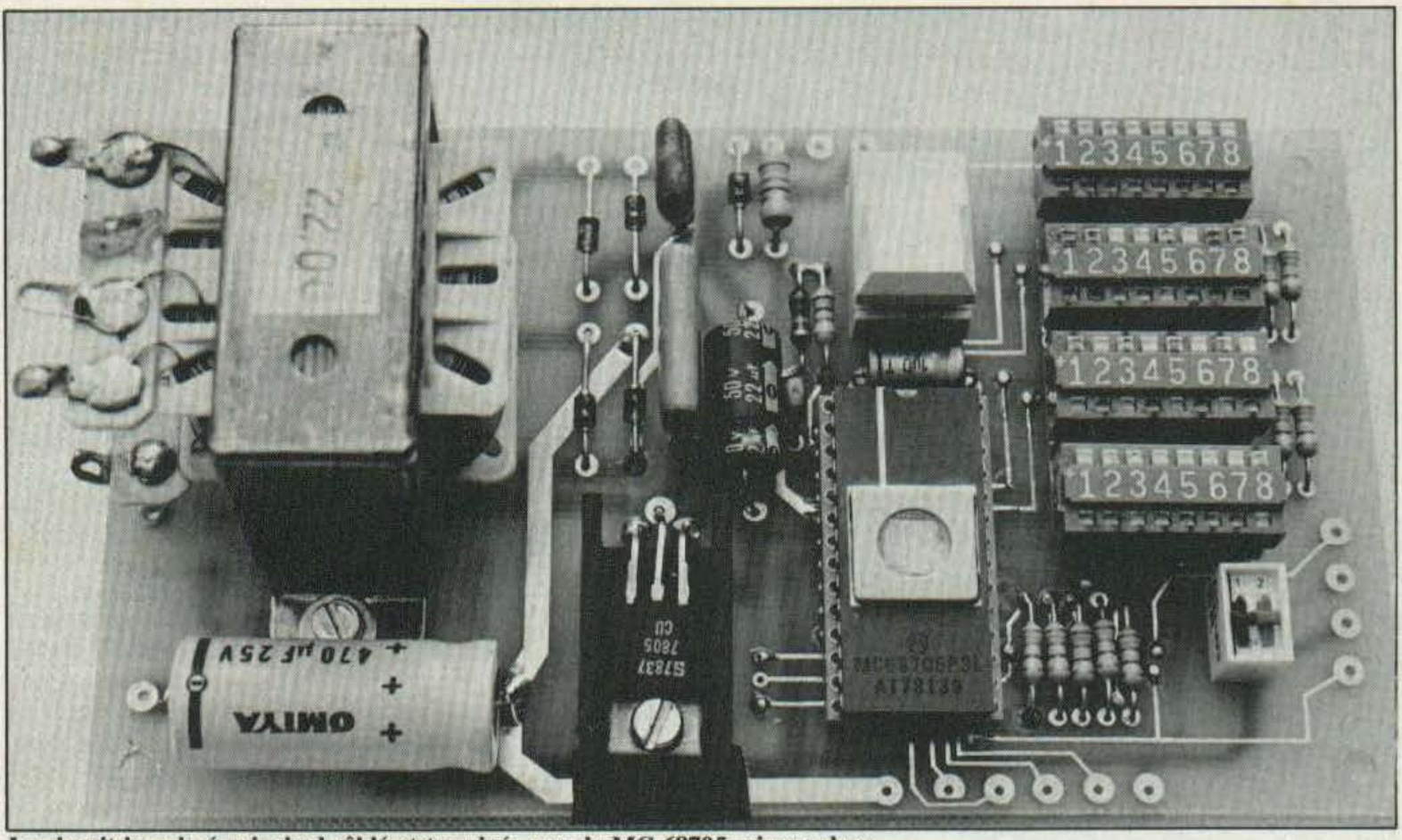


Fig. 12. Brochage des semi-conducteurs utilisés.

— Effectuez un RESET au moyen du poussoir adéquat.
— Affichez sur C0 à C7 le numéro d'appel que vous allez affecter à l'entrée numéro 1. C0 et C1 sont réservés à l'indicatif départemental si nécessaire; si vous téléphonez dans le même département, CO et C1 resteront à 0. Si vous êtes dans un département où les numéros comportent sept chiffres (Paris et sa région, Lyon) C0 sera laissé à 0 et les sept chiffres seront programmés de C1 à C7. La figure 11 précise la position des chiffres et leur mode de codage, en DCB classique.
— Lorsque le numéro est affiché, mettez l'entrée 1 à la masse au moyen d'un poussoir à contact fugitif. Le numéro est alors mémorisé dans le 68705.
— En cas d'erreur, affichez le numéro correct sur C0 à C7 et faites descendre à nouveau l'entrée 1 à la masse; le numéro affiché maintenant remplace celui en mémoire.
— Procédez de la même manière pour les numéros affectés aux autres entrées; c'est-à-dire que, partant du point où nous sommes maintenant, vous allez afficher le numéro désiré (qui peut être le même que pour une autre entrée ou qui peut être totalement différent) et faire passer à 0 l'entrée 2, puis réitérer l'opération pour l'entrée 3.
— Lorsque c'est terminé, positionnez C0 à C7 sur le numéro à appeler dans tous les cas, même après épuisement de ses batteries. Ce numéro peut être identique ou différent d'un ou plusieurs des numéros mémorisés.
— Positionnez alors S0 et S1 selon le mode de fonctionnement désiré. Le montage est prêt à l'emploi.

Les trois autres modes de fonctionnement correspondant à divers comportements de l'appareil comme nous allons le voir mais, avant, il faut noter que quel que soit le mode choisi, une interruption du secteur suffisamment longue pour avoir effacé les numéros mémorisés en interne, conduit à leur remplacement automatique par le numéro affiché par les interrupteurs et, ce, tant que de nouveaux numéros corrects n'auront pas été re-programmés selon la procédure décrite précédemment. Cela offre une double sécurité : on est sûr que, même en cas de coupure secteur prolongée, un appel sera possible à un numéro correct (celui des interrupteurs); on est sûr, par ailleurs, de ne pas faire d'appel n'importe où, ce qui aurait pu se produire si l'on n'avait pas décidé de ce comportement puisque le contenu des mémoires internes est quelconque après une coupure d'alimentation.

Les modes offerts sont les suivants :
— Mode 0 : dès qu'une entrée passe



Le circuit imprimé principal câblé et terminé, avec le MC 68705 mis en place.

à 0, le montage compose le numéro qui lui correspond et génère son «bip bip» pendant trois minutes ; le montage appelle ensuite le numéro programmé sur les interrupteurs et génère, là encore, son «bip bip» pendant trois minutes. Il revient, ensuite, au repos sauf si l'entrée est toujours au niveau bas, auquel cas il recommence ce cycle jusqu'à disparition du niveau bas sur l'entrée. Quel que soit l'instant, dans ce cycle, où le niveau bas disparaît, le cycle complet qui était en cours s'exécute.

— Mode 1 : comportement analogue au mode 0 mais le montage repasse au repos même si l'entrée n'a pas quitté le niveau bas. Il faut ici que l'entrée revienne au niveau haut puis à nouveau au niveau bas, pour déclencher un nouveau cycle.

— Mode 2 : comportement analogue au mode 0 mais le numéro correspondant à l'entrée est composé sans arrêt toutes les cinq minutes avec diffusion du «bip bip» pendant trois minutes. Le fonctionnement ne peut s'interrompre que par un RESET.

Dans ces trois modes, le terme diffusion du «bip bip» correspond aussi bien à la diffusion du signal produit par le circuit qu'à la diffusion d'un éventuel message enregistré sur magnétophone selon l'option choisie par câblage. Dans le cas du magnétophone, la mise en marche de celui-ci se déclenche par RL1 lorsqu'il déconnecte votre téléphone pour composer le numéro ; il faut donc en tenir compte dans l'enregistrement du message et prévoir un temps mort suffisant au début de celui-ci pour laisser écouler le temps de composition, le temps de recherche et le temps que la personne appelée vienne répondre. Ces temps se déterminent par expérimentation ; le moins constant des trois étant le temps de réaction de l'appelé.

En cas de simultanéité d'action sur plusieurs entrées, le montage traite celle qu'il rencontre en premier lors de son exploration systématique de leurs états. En effet, il balaye en permanence les entrées dans l'ordre 1, 2, 3, 1, 2, etc. Nous n'avons pas jugé bon de décider d'une règle de priorité plus fine sur un tel montage.

Quelques conseils

Les entrées peuvent se relier à n'importe quoi ; il suffit de provoquer un contact fugitif ou permament (selon le fonctionnement désiré, compte tenu du mode choisi) entre une entrée et la masse. Un anti-rebondissement compatible pour la majorité des relais et interrupteurs est prévu dans le circuit pour éviter tout problème de déclenchement.

Les résistances R16 et/ou R17 sont à ajuster pour que votre correspondant entende quelque chose de correct. Dans le cas de la tonalité engendrée par le circuit, vos correspondants doivent être prévenus pour savoir de quoi il retourne ! Enfin, et comme pour de nombreux appareils commerciaux, il est bien sûr interdit de raccorder ce montage au réseau téléphonique puisque ce dernier n'est pas homologué par les PTT mais, cela, vous le saviez certainement avant de lire cet article...

Chiffre choisi	3	2	1	0
0	F	F	F	F
1	F	F	F	O
2	F	F	O	F
3	F	F	O	O
4	F	O	F	F
5	F	O	F	O
6	F	O	O	F
7	F	O	O	O
8	O	F	F	F
9	O	F	F	O

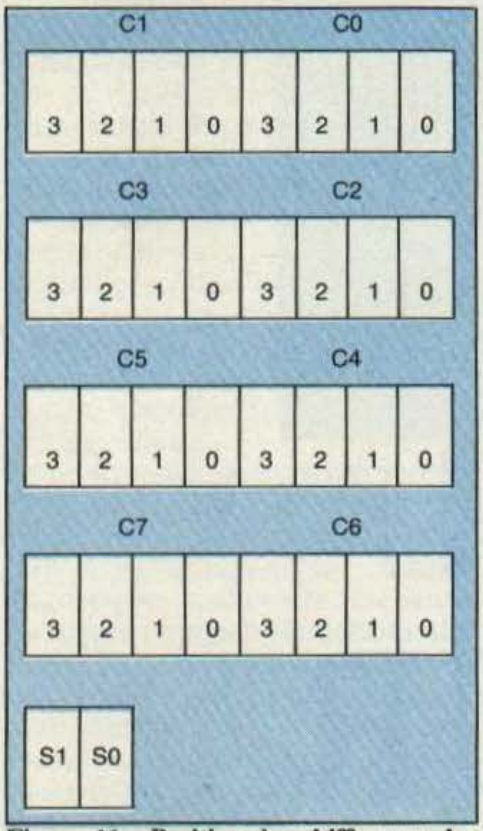
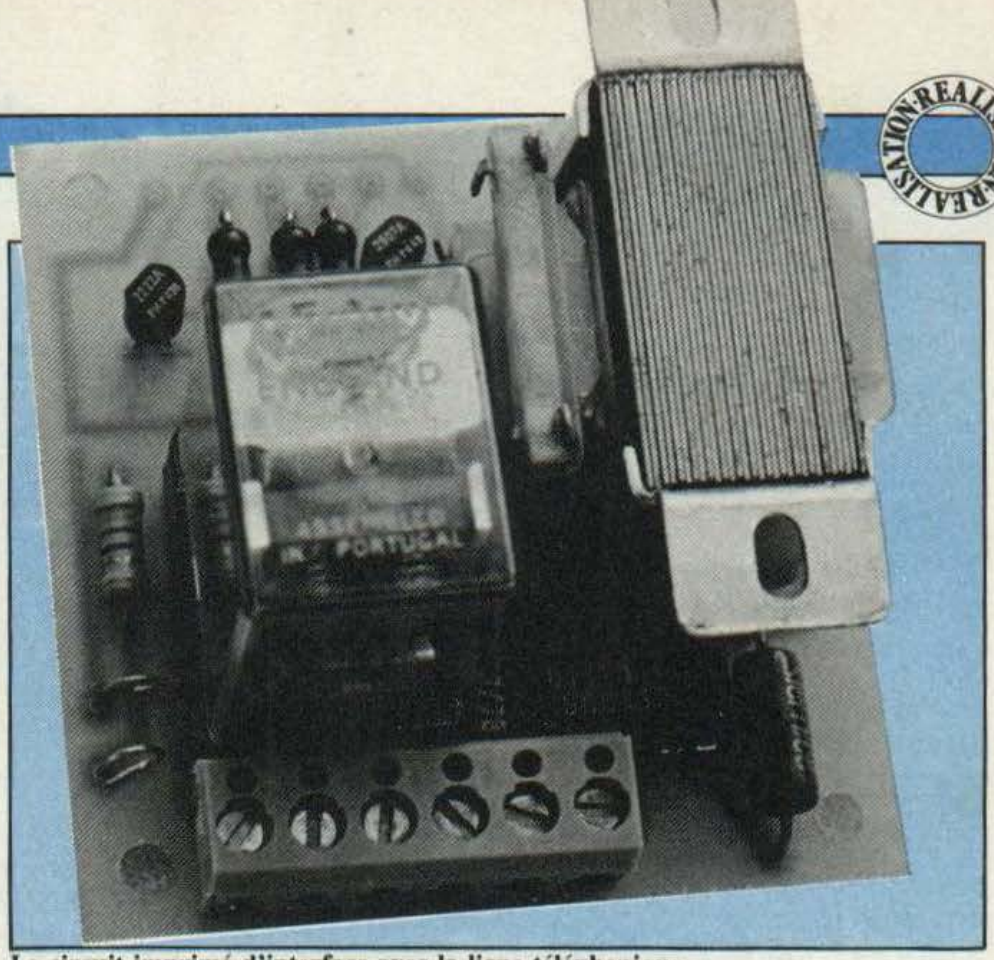


Figure 11 : Position des chiffres sur les mini-interrupteurs (0 : ouvert, F : fermé).

Conclusion

Voici donc terminée la description d'une application intéressante et utile des microcontrôleurs dont le prix de revient, même s'il ne peut être qualifié de très bas, reste cependant bien inférieur à certaines réalisations commerciales d'un type identique. Hormis cet aspect utilitaire et rentable, c'est une bonne occasion de se faire la main en micro-informatique avec un montage qui, si vous êtes soigneux, fonctionnera très certainement du premier coup.

C. Tavernier



Le circuit imprimé d'interface avec la ligne téléphonique.

Nomenclature des composants

Résistances 5%

R1 : 82 Ω 1/4 W
R2 : 15 KΩ 1/4 W
R3 : 10 kΩ 1/4 W
R4, R5, R6 : 1 kΩ 1/4 W
R7 à R15 : 3,3 kΩ 1/4 W
R16 : 680 Ω 1/4 W
R17 : 100 Ω 1/4 W
R18 : 1 kΩ 2 W

Condensateurs

C1 : 0,1 µF Mylar
C2 : 0,33 µF Mylar
C3 : 470 µF à 1000 µF/25 V chimique
C4 : 22 µF/10 V chimique
C5 : 1 µF/10 V tantale
C6 : 22 nF Mylar

Semi-conducteurs

IC1 : µA 7805, etc. (régulateur 5 V en TO220)
IC2 : MC68705 P3L (Motorola)
DR : 4 x 1N4001 (ou 4002, 4003...)
D1 : 1N4001 (ou 4002, 4003...)
D2 : 1N4148 ou 1N914
T1 : 2N2222A ou 2N2219A
T2 : 2N2905A ou 2N2907A

Divers

P : Poussoir type Digitast
TA : Transfo 220/9 V 8 VA ou plus
TL : Transfo 220/24 V 1,8 VA ou plus (voir texte)
Batteries : 6 x 1,2 V Cd-Ni
RL1 : Relais 2RT. Collage à 6 V et moins de 0,1 A
RL2 : Relais DIL, 1 contact travail, 5 V (Celduc D31A)
C0 à C7 : 4 boîtiers de 8 mini-interrupteurs (DIL)
S0, S1 : 1 boîtier de 2 mini-interrupteurs (DIL)

Il est de nombreuses mesures d'ordre mécanique, par exemple, que l'on peut réaliser à l'aide de médiateurs technologiques très divers, à choisir selon des critères plus ou moins déterminants : coût, environnement, fiabilité n'en représentent que les plus classiques. La mesure d'un angle d'inclinaison par rapport à une verticale apparaît, en ce sens, comme le prototype même de l'éclectisme en la matière. Solutions de type capacitif, opto-électronique, magnétique s'offrent, *a priori,* avec des chances égales de réussite. Le capteur à effet Hall, comme par hasard, ne nous a pas laissé indifférents...

UN DETECTEUR D'INCLINAISON

Le détecteur dont nous vous proposons la réalisation a servi, dans sa version initiale, «d'indicateur à bille» dans un modèle réduit d'avion doté d'un système de télémesure. Nous l'avons sorti de nos cartons à dessins car en extrapolant le principe, toutes sortes de paramètres peuvent être captés et nous reviendrons certainement sur ce sujet.

La détection magnétique

La détection de position peut se faire par divers capteurs. La panoplie des électroniciens fourmille de nombreux outils, optiques, potentiomètriques, capacitifs, magnétiques, etc., mais l'un des points clés du capteur reste qu'il ne doit pas perturber la mesure. Un potentiomètre traditionnel, même monté sur roulements, présente un certain couple résistant qui, en tout état de cause, doit se situer à un niveau très inférieur à la force provoquant le déplacement. Les systèmes optiques, capacitifs ou magnétiques ont l'avantage de ne demander qu'un effort minime, souvent nul, par rapport aux grandeurs à mesurer; seule, reste en cause la mécanique même de montage du capteur...

Le système à capteur capacitif demande un intermédiaire haute fréquence peu commode à mettre en œuvre. Quant au système optique, il implique souvent un travail dans l'obscurité, à moins d'utiliser une technique de découpage compliquant l'électronique.

La disponibilité de capteurs à effet Hall linéaires chez plusieurs fabricants, par exemple Honeywell, Siemens et Sprague, permet de réaliser des systèmes relativement

simples de détection de position à condition toutefois que le déplacement à mesurer, linéaire ou angulaire, reste relativement réduit. Du côté des très petits déplacements, les capteurs analogiques autorisent des réalisations intéressantes : les fabricants d'aimants proposent, en effet, des éléments d'un millimètre d'épaisseur autorisant des mesures de mouvements de quelques dixièmes de millimètre seulement.

Un avantage du système magnétique est qu'il peut travailler dans un milieu liquide servant, par exemple, à l'amortissement d'un équipage mobile, l'absence de contact permettant ce mode d'exploitation. En revanche, on pourra lui reprocher d'être sensible à un champ magnétique externe tel celui produit par un moteur électrique au circuit magnétique saturé...

Le principe que nous avons retenu ici consiste à faire se déplacer un aimant devant un capteur à effet Hall. Celui-ci mesure les champs magnétiques continus et non leurs variations ; suivant l'intensité du champ le traversant, il donnera en sortie un signal proportionnel à cette intensité. Il faut maintenant convertir une position en un flux magnétique, en d'autres termes choisir un aimant, lui associer un circuit magnétique qui assurera la proportionnalité du déplacement et de l'intensité du champ magnétique. C'est en fait là que se situent les difficultés, surtout lorsqu'il s'agit de «s'amuser» et non de produire industriellement un capteur. Pour une production de grande série, on pourra toujours fabriquer des aimants de forme spéciale et l'étude permettra d'optimiser la forme du capteur. Un amateur ne peut se lancer dans de telles opérations et ne pourra pratiquement travailler que par approximation. Notez que l'on peut également se lancer dans la simulation d'un circuit magnétique par ordinateur mais nous ne sommes pas allés jusque là, pour le moment...

Pour faire varier un champ magnétique en déplaçant un élément mécanique, plusieurs solutions s'offrent. Par exemple, éloigner ou approcher l'aimant du capteur, solution loin d'être linéaire (plus l'aimant s'éloigne du capteur et plus les variations différentielles de niveau s'atténuent). Nous éliminerons donc cette technique appropriée à des détections en tout ou rien.

Il reste alors à déplacer un aimant dont l'axe nord-sud est parallèle à la face sensible du détecteur. Dans ce cas (figure 1), les deux pôles compensent leur action au centre ou le champ magnétique est donc nul ; en avançant le pôle nord, on obtiendra alors une variation de tension de polarité inverse. Ce système offre une bonne linéarité et c'est celui que nous avons adopté. On peut également utiliser un aimant fixe et déplacer une pièce magnétique entre l'aimant et le capteur, solution permettant d'effectuer des contrôles de déplacement d'amplitude relativement importante (figure 2).

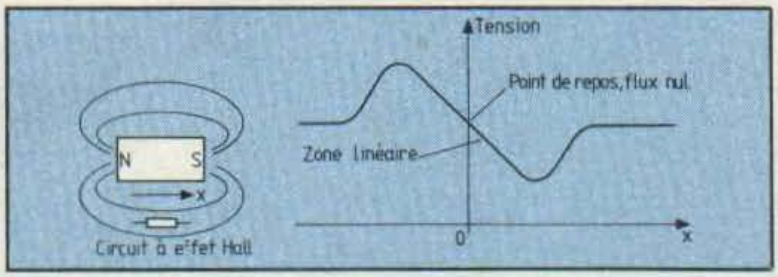


Fig. 1. Le principe mis en jeu : le déplacement d'un aimant devant le détecteur.

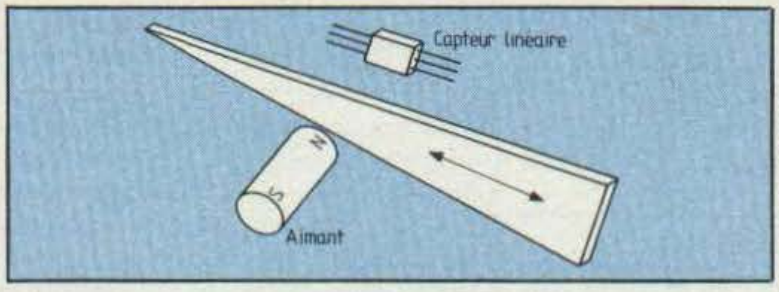


Fig. 2. Autre possibilité, le déplacement d'une pièce magnétique entre un aimant et le détecteur.

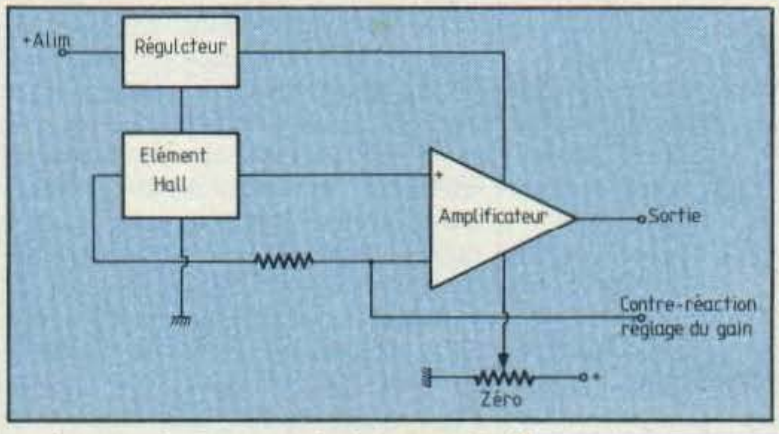


Fig. 3. Le SAS 231W renferme un détecteur à effet Hall, une alimentation régulée et un ampli opérationnel.

Le circuit intégré

Ce circuit, nous l'utilisons depuis quelque temps ; il n'est donc pas nouveau, ce qui ne signifie pas qu'on pourra le trouver partout car il fait partie d'une catégorie de produits moins bien connue que celle des amplis opérationnels de type 741. On ne peut tout faire avec ces derniers ! Le SAS 231 W, produit par Siemens, existe en deux versions : l'une en boîtier plastique, l'autre sur film super 8 en Kapton pour une installation sur circuit hybride. C'est la première version que nous utilisons, l'autre demandant un outillage spécial ou beaucoup de délicatesse dans la manipulation.

Ce circuit intégré se compose (figure 3) d'un détecteur à effet Hall, d'un amplificateur et de son étage de sortie. On l'alimente par une tension continue et des éléments externes entourent le circuit pour

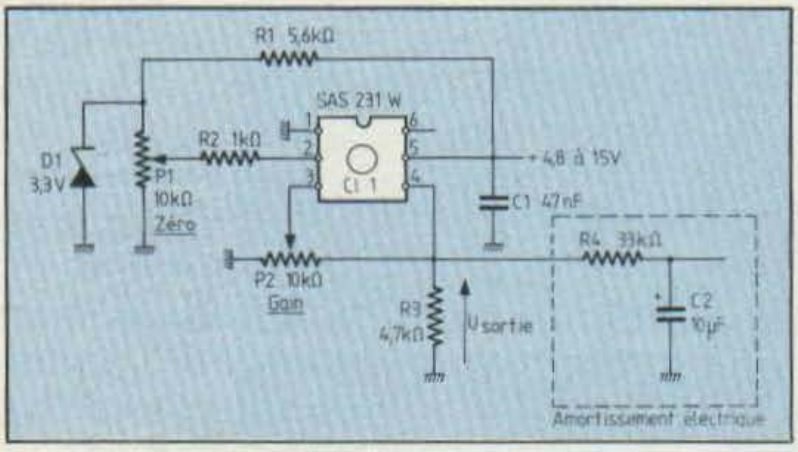


Fig. 4. Le montage : on notera l'intégrateur réalisé par R4 et C2.

permettre un réglage du point de repos et de l'amplitude du signal de sortie.

Le schéma de principe

La figure 4 montre un schéma particulièrement simple. Un potentiomètre P_1 règle le point de repos, c'est-à-dire la tension de sortie lorsque le système mécanique occupe la position d'équilibre. Le second potentiomètre change le taux de contre-réaction de l'amplificateur ; curseur à la masse, le gain est important ; curseur à la sortie, il devient faible, la tension de sortie variant dans des proportions minimes. Avec ces deux potentiomètres on jouera sur le gain et le point de repos en fonction de l'aimant utilisé.

La tension de sortie se développe le long de l'ensemble formé du potentiomètre et de la résistance R3. Compte tenu de l'absence probable d'inertie du système mécanique, notamment dans l'application qui nous concerne ici, nous avons installé une cellule RC d'intégration qui amortira les oscillations de la tension de sortie. Le choix des éléments de cette cellule dépendra de l'amortissement désiré et aussi de la charge que le circuit intégré attaquera.

L'aimant

L'aimant se trouve partout, surtout lorsqu'on n'a pas besoin de lui... Il s'agit de l'élément le plus facile à approvisionner si l'on «tombe» dessus, ou, au contraire, du plus difficile. Pour ce type de senseur de verticale, ou d'indicateur à bille, nous avons besoin d'un aimant dont les deux pôles soient distants de 5 à 10 mm et non d'un aimant ultra mince ou allongé comme ceux d'une fermeture magnétique, source d'aimants, certes, mais pas toujours de forme appropriée.

Pour notre cas, nous avons utilisé un aimant provenant d'un indicateur d'usure de piles de magnétophone à cassette ; cet aimant équipe un galvanomètre, il est circulaire et ses deux pôles s'opposent diamétralement. Pratiquement tous les Vu-mètres des magnétophones bon marché possèdent ce type d'aimant. Si un jour vous voyez trainer un vieux magnétophone à cassette dans une poubelle n'hésitez pas à récupérer son indicateur... Un ami dépanneur radio aura peut-être aussi ce type de «galva» dans ses épaves. Pour les aimants allongés — convenant parfaitement — nous avons trouvé notre bonheur dans des moteurs de train électrique Jouef, équipant aussi certaines voitures miniatures. Si, par conséquent, la réalisation d'un système de capteur magnétique de ce type vous tente, partez tout de suite à la recherche de ce composant sans lequel vous ne pourrez rien faire.

La mécanique

En fait, tout cet appareil tient sur un circuit imprimé. Ce dernier supporte, côté composants, les passifs et les bornes de sortie : le circuit intégré SAS 231 W a pris place directement sur le cuivre, au plus près de l'aimant qui a été monté (figure 9) sur un bras articulé suspendu sur un axe terminé par deux pointes, système permettant de disposer d'un axe relativement robuste, avec un frottement réduit. Cet axe s'usine en montant une tige métallique sur une perceuse et en travaillant la pointe à partir d'une mini-perceuse tournant à l'envers et sur laquelle on a monté une petite meule, bien bloquée.

Pour l'usinage des paliers, nous avons fait appel à un foret «langue d'aspic» (foret plat) dont l'angle au sommet a été réduit à environ 80° au lieu de 120°.

L'un des paliers est fixe, l'autre se règle ; pour éviter son desserrage, nous avons utilisé un frein constitué d'un morceau de corde à piano de 5/10e passée au travers du circuit imprimé, pliée le long de celui-ci et précontrainte au moment de la soudure pour assurer le freinage. Une goutte de colle confirme ce freinage, une fois le réglage effectué.

L'axe d'acier et le palier fixe sont maintenus par des pattes de fil de cuivre soudées sur la palette et le support. Ces deux derniers sont réalisés en verre époxy cuivré double face.

L'électronique

La figure 5 donne le schéma du circuit imprimé. Nous avons laissé ici un plan de masse relativement important qui peut servir, par exemple, à fixer la potence et les butées de limitation de la course.

On pourra aussi l'employer si l'on désire blinder l'ensemble et éventuellement remplir ce blindage d'un liquide d'amortissement isolant (huile par exemple). Répétons que le circuit intégré a été monté directement sur le cuivre, ainsi, au plus près de l'aimant. La figure 7 donne la disposition des sorties du SAS 231 W. L'écart des broches est de 1,27 mm, cote que l'on devra retrouver sur le circuit imprimé au dessin particulier.

Les pattes du circuit sont pliées suivant la figure 8. On utilisera des précelles fines pinçant les pattes entre le boîtier et le fil pour éviter une fracture de ce boîtier du circuit intégré. La soudure se fait de la façon suivante : on étame le circuit imprimé, de même que les pattes du circuit intégré. Ensuite, on positionne ce dernier et l'on chauffe une

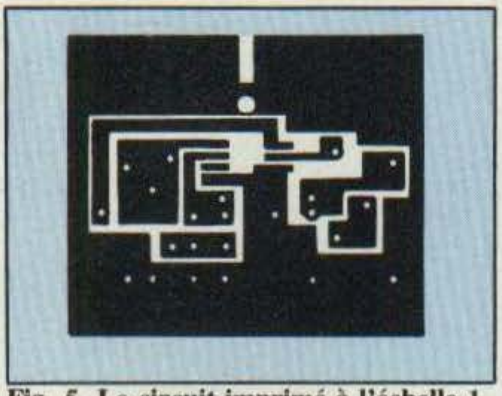


Fig. 5. Le circuit imprimé à l'échelle 1.

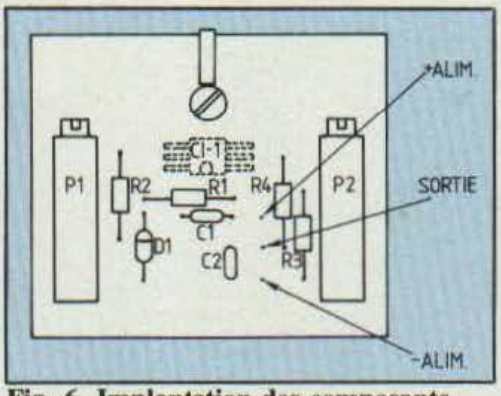


Fig. 6. Implantation des composants.

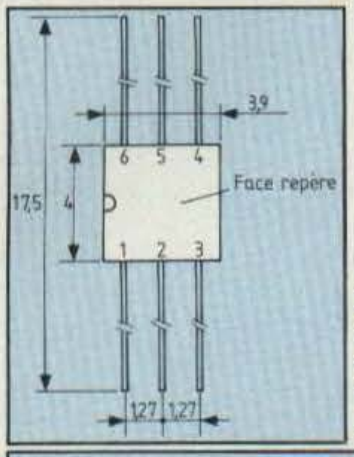


Fig. 7. Brochage et cotes du SAS 231W.

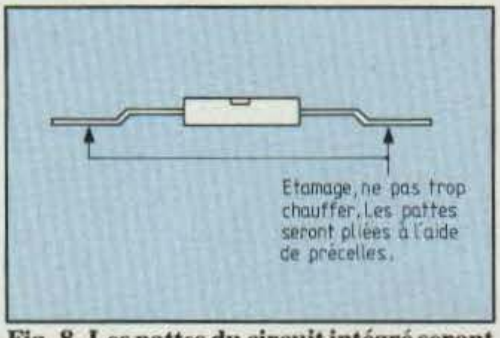


Fig. 8. Les pattes du circuit intégré seront pliées à l'aide de précelles. Pour souder on procédera à un étamage préalable.

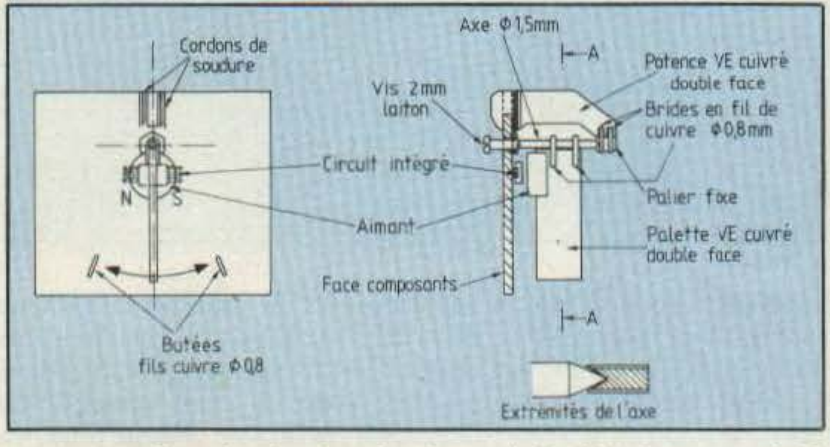
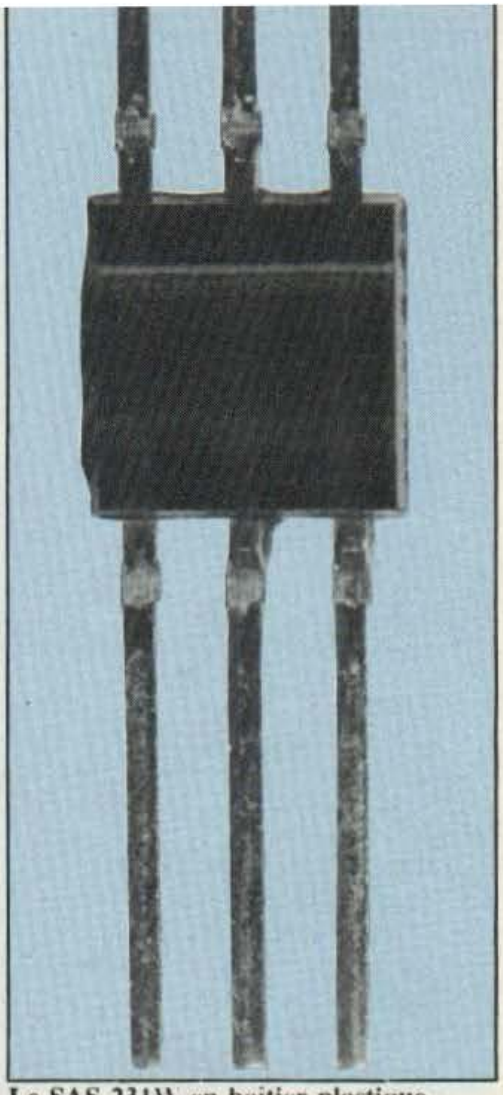
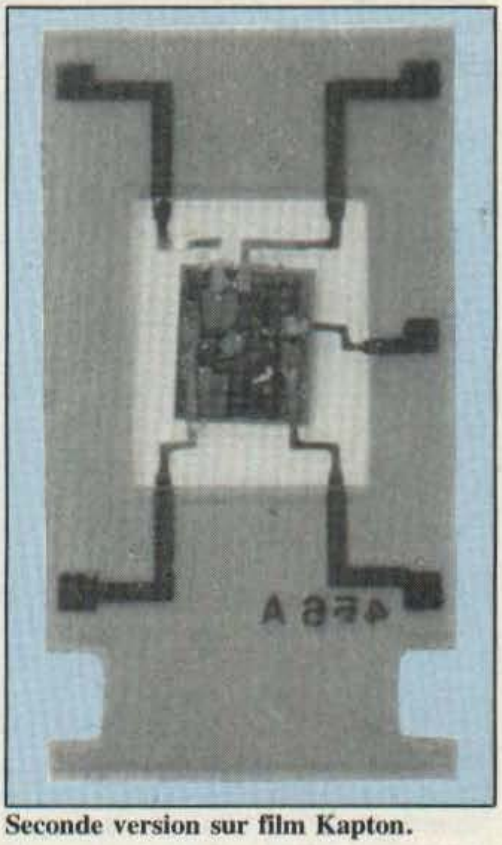


Fig. 9. Une phase sinon difficile, du moins délicate, celle du montage de la palette sur sa potence.



Le SAS 231W en boitier plastique.



Seconde version sur film Kapton.

patte pour fixer le circuit et le placer très exactement. On peut également coller ce circuit avant soudure. Pour souder, on presse simplement la panne du fer pour faire fondre la soudure des deux parties étamées (on utilisera un fer à panne très propre).

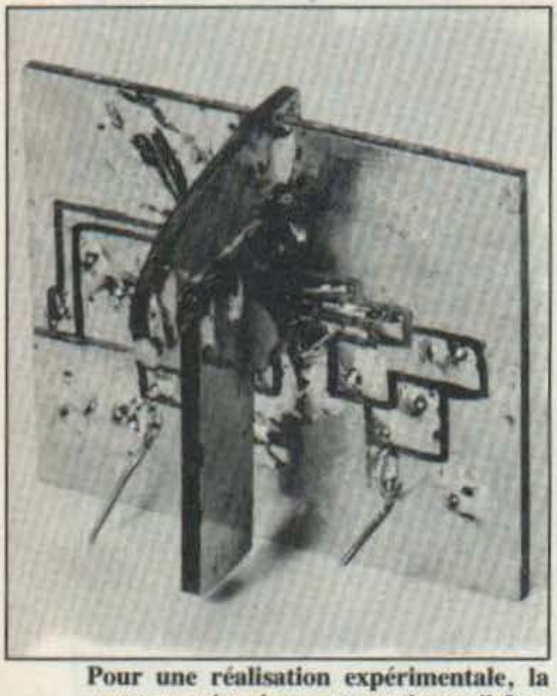
La mise au point commence par un réglage du zéro, ce zéro s'ajuste sans la palette, et loin de tout aimant (d'un haut-parleur par exemple). La présence du cuivre de chaque côté équilibre les contraintes et évite une déformation du support à la chaleur, le cuivre se dilatant plus que son support.

La potence est soudée sur le cuivre du circuit imprimé : là encore, le double face se révèle intéressant. Le palier réglable est constitué d'un écrou de 2 mm soudé sur le cuivre (c'est une vis de laiton dont l'extrémité est percée). Les dimensions données, ici, le sont à titre indicatif et l'on effectuera une adaptation en fonction des aimants et de l'angle à évaluer.

La linéarité

Nous n'avons pas mesuré, peut-être de peur d'être déçus, la linéarité de ce système. Les moyens mécaniques dont nous disposons sont ceux d'un amateur : point de tour ni de fraiseuse pour s'offrir des faces bien perpendiculaires... On placera le SAS 231 W au centre de l'ai-

Au premier plan, à gauche, le potentiomètre de réglage de gain.



Pour une réalisation expérimentale, la gravure mécanique est pratique; il faut en accepter la contre-partie esthétique!

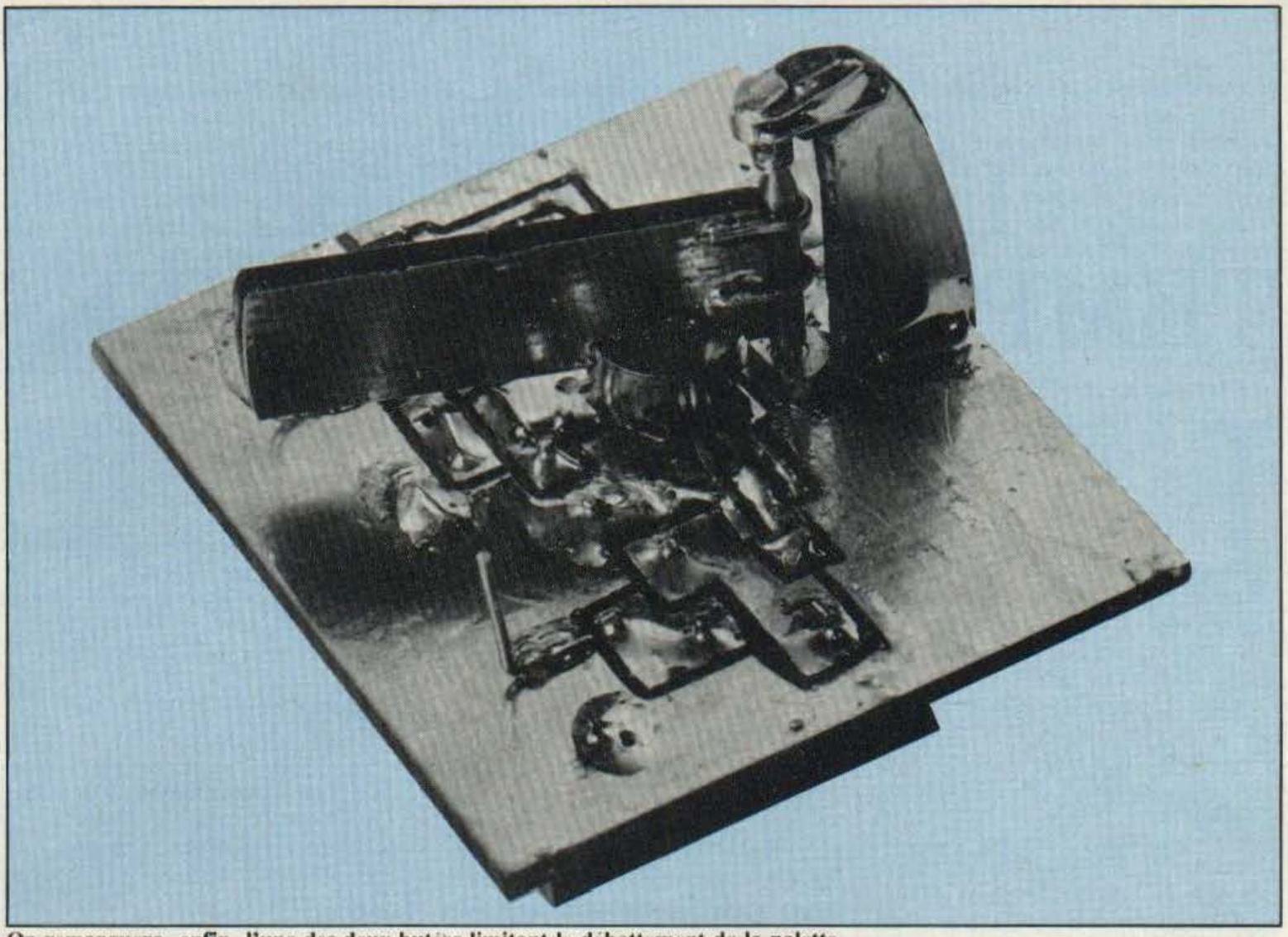
mant, avec le plus de précision possible. Cet aimant aura sa face opposée au circuit intégré bien parallèle à cette dernière, sinon l'excursion de la tension de sortie risquerait d'être dissymétrique.

On évitera au maximum les composants magnétiques. Certaines résistances ont leurs embouts constitué d'un métal ferreux; attention par conséquent au risque de perturbation du champ (en plaçant l'aimant assez près de la surface du SAS 231, on augmente le flux utile et on minimise, de ce fait, les variations dues à l'environnement). Mais avec une distance réduite, il faudra nettoyer l'aimant à l'aide d'un adhésif pour enlever les éventuelles limailles qui entraîneraient un frottement localisé.

Un travail de la forme de l'aimant ou le détournement de ses lignes de flux par un circuit magnétique externe permet de jouer sur la forme de la courbe. Il ne faut pas non plus oublier que lorsque le pôle est passé au-dessus de la zone sensible du détecteur, le flux ne change plus; en poursuivant le déplacement, on observera une variation de tension inversée (voir figure 1). On sera donc amené à limiter, mécaniquement, la course de la palette notamment si la tension de sortie sert à l'asservissement d'un système.

Nous avons réalisé, ici, un système dont le débattement se limite à $\pm$ 15° environ. En remontant l'aimant pour le rapprocher de l'axe, on augmentera le débattement. On pourra être conduit à placer le détecteur encore plus près de l'axe.

Avec l'aimant centré sur l'axe (dans ce cas, on préférera un aimant percé) ou pourra installer le capteur à la périphérie de l'aimant : attention dans ce cas à l'excentration de



On remarquera, enfin, l'une des deux butées limitant le débattement de la palette.

l'aimant. Une autre solution consiste à utiliser un aimant plus long, aimant droit dont on pourra choisir la distance par rapport à l'axe de rotation pour s'offrir une courbe de linéarité sur mesure.

L'amortissement

Nous vous avons proposé un amortissement électrique mais la palette ne suffit pas à obtenir un amortissement par air. Si vos soudures ont la qualité requise, elles boucheront complètement les trous de passage des composants. Vous pourrez alors souder le circuit imprimé dans une boîte en laiton étanche (du fer blanc risque de perturber la réponse), l'étanchéité étant assurée par le pourtour du circuit imprimé. La boîte sera, par exemple, remplie d'une huile plus ou moins fluide selon le deggré d'amortissement désiré et la longueur de la palette pourra être réduite. On obturera le trou de remplissage par soudure : vous disposez ainsi d'un système parfaitement amorti et le circuit imprimé constituera l'une des parois du réservoir ! Dans une telle éventualité, on aura intérêt à assurer l'étanchéité du palier réglable ou à l'installer à l'intérieur du boîtier.

Conclusions

Voilà, ainsi décrit, un petit exercice de style qui vous familiarisera avec le magnétisme, le SAS 231 W pouvant être remplacé par d'autres composants moyennant, bien entendu, le changement du circuit imprimé. Notre montage a fonctionné du premier coup : on aurait même dit que les potentiomètres avaient été préréglés pour ce montage !
Si maintenant vous désirez aller plus loin, amusez-vous à concevoir un système pendulaire à deux directions au lieu d'une. Bonne chance ! ■

E. Lémery

Nomenclature des composants
Résistances et potentiomètres
R1 : 5,6 kΩ 1/4 W 5% R2 : 1 kΩ 1/4 W 5% R3 : 4,7 kΩ 1/4 W 5% R4 : 33 kΩ 1/4 W 5% P1, P2 : 10 kΩ multitours
Condensateurs
C1 : 47 nF Céramique C2 : 1 à 47 µF/16 V Tantale
Semi-conducteurs
D1 : Zener 3,3 V / 0,25 W CI 1 : SAS 231 W (Siemens)
Divers
Aimant : diamètre 7 à 8 mm (voir texte)

LES SUITES DE TEMPS INTER-ARRIVEES

La théorie de la fiabilité concerne l'étude statistique des temps de durée de vie (de fonctionnement ininterrompu) d'équipements complexes, et la suite des durées «inter-pannes», étant donné que l'on répare les composants déficients au fur et à mesure. Elle peut concerner, par ailleurs, des «rafales de coups de téléphone», enregistrées dans un standard, aussi bien que des «rafales d'impulsions» constituant l'influx nerveux émis par des neurones. Dans tous les cas, ces suites de temps «inter-arrivées» peuvent constituer le point de départ d'un processus de file d'attente. Dans ce cas, le processus ponctuel décrit ci-dessus modélise la suite aléatoire des instants d'arrivée en attente de traitement (par le «serveur») de complexes d'opérations (le «service») dont chacun requiert un temps aléatoire de travail (le «temps de service»). Lorsque l'on dispose, en outre, d'hypothèses sur la loi de la suite des temps de service, le probabiliste cherchera à calculer : la loi du temps d'attente du client de rang n ; la loi du temps de début, de fin de service du client n ; la loi du temps pendant lequel la file d'attente est vide ; la possibilité d'un engorgement infini.

Les hypothèses classiques relatives au processus des arrivées se résument ainsi : il s'agit d'un processus de Poisson (voir encadré 1), ou d'un processus plus général, mais pour lequel : les temps inter-arrivées sont statistiquement indépendants ; la loi de probabilité commune aux

La recherche touchant à la robotique, à l'intelligence artificielle nous la découvrons aujourd'hui avec Jean Diebolt qui inaugure cette rubrique par un premier article de présentation d'un travail sur des suites de temps «inter-arrivées» rencontrées, par exemple, dans la théorie de la fiabilité.

temps inter-arrivées sont des mélanges d'exponentielles (voir encadré 2). Dans tous les cas, il apparaît souhaitable de proposer aux automaticiens et informaticiens un formalisme et des méthodes d'estimation commodes pour modéliser des processus ponctuels de type suites d'instants d'arrivées dont : 1°) Les variables aléatoires que sont les durées inter-arrivées dépendent statistiquement (voir encadré 3) d'un nombre fixé, soit m, des durées inter-arrivées précédentes ; 2°) La loi de probabilité commune à toutes ces durées inter-arrivées est bien encore un mélange d'exponentielles.

Processus ponctuel de Poisson, de paramètre m(1). On dit qu'une suite d'instants aléatoires est un processus de Poisson de paramètre m si chaque temps inter-arrivées suit une loi exponentielle de paramètre m (voir encadré 2), et si les différents temps inter-arrivées sont des variables aléatoires indépendantes (encadré 3).

Le modèle proposé

Le modèle que nous proposons s'écrit comme suit : notons x_n le n-ème temps inter-arrivée, n désignant un nombre entier ; notons $T = T(t_1, \ldots, t_m)$ une fonction assez

Mélange de lois exponentielles (2). On dit que la variable aléatoire X, à valeurs positives, suit une loi exponentielle de moyenne m si la probabilité de tirer X dans l'intervalle (a, b) est égale à

$$(1/m)\,(e^{-b/m} - e^{-a/m}).$$

La variable aléatoire Y est tirée selon le mélange fini d'exponentielles de proportions (supposons que le mélange n'a que deux composantes) p et $1-p$ (avec $0<p<1$), de moyennes m et m' ; si, pour tirer Y, on procède comme suit : 1°) on tire à pile ou face avec une «pièce» biaisée, donnant pile avec probabilité p, et face avec probabilité $1-p$. Si l'on a obtenu pile, on tire Y selon la loi exponentielle de moyenne m ; dans l'autre cas, seln la loi exponentielle de moyenne m' ; la densité de la loi du mélange s'écrit :

$$(pe^{-x/m})/m + [(1-p)e^{-x/m'}]/m'.$$

La loi de Z est un mélange général d'exponentielles si sa densité à la forme

$$\int_0^{+\infty} (1/m)e^{-x/m}dM(m).$$

régulière, dépendant de m variables positives, et elle-même à valeurs strictement positives ; notons e_n une suite de variables aléatoires exponentielles de moyenne 1 (voir encadré) ; l'équation fournissant X_{n+1} en fonction des précédents est :

$$X_{n+1} = T(X_n, X_{n-1}, \ldots, X_{n-m+1}).e_{n+1}$$

Les résultats disponibles

Dans le cas où m=1, on dit que le processus (X_n) est une chaîne de Markov ; dans le cas général, on parle de chaîne m-dépendante ; par un procédé nommé vectorialisation, on peut, en modifiant l'espace où la chaîne m-dépendante prend ses valeurs, la transformer en une certaine chaîne de Markov. La première question est celle de l'existence et de l'unicité d'une mesure de probabilité stationnaire pour chacune de ces chaînes de Markov ; nous l'avons résolue pour différentes classes de fonctions T, pouvant, en particulier, admettre des discontinuités, ou tendre vers l'infini au voisinage de 0. La deuxième question était : est-ce que, dans le régime dit stationnaire de la chaîne, la loi de la variable aléatoire X_n est un mélange d'exponentielles ? Réponse : oui. Troisième question : le modèle présenté est-il stable relativement à des petites modifications de la fonction T ? Nous avons dégagé des classes de fonctions T pour lesquelles c'est le cas. Quatrième question : nous avons remarqué que, si la fonction T ne prenait qu'un nombre fini de valeurs différentes, alors la loi stationnaire de la chaîne est un mélange fini de lois exponentielles (voir encadré) ; ceci est important car nous disposons d'une méthode efficace pour reconnaître les composantes d'un tel mélange ; lorsque l'on approche la fonction T par de telles fonctions, est-ce que le mélange fini d'exponentielles associé converge vers la loi stationnaire de la fonction associée à T ? Réponse : oui. Cinquième question : trouver une procédure commode et contrôlable mathématiquement pour estimer la fonction T, et prouver ce que l'on appelle la consistance de cet estimateur (c'est-à-dire montrer que, si la taille de l'échantillon de durées inter-arrivées tend vers l'infini, l'estimateur de T basé sur cet échantillon converge vers la fonction T, en un certain sens). Nous avons résolu ce problème. Sixième et dernière question : construire un test pour apprécier la validité d'une hypothèse du type : la suite (X_n) est une suite de variables aléatoires indépendantes. Ce test est construit.

Indépendance de deux variables aléatoires (3). Notons X et Y deux variables aléatoires. La probabilité de l'événement «$X \in A$» peut être considérée comme la limite, lorsque le nombre de tirages successifs de la variable X tend vers l'infini, de la fréquence de l'événement «$X \in A$». La probabilité conditionnelle de l'événement «$X \in A$» sachant que l'événement «$Y \in B$» a lieu est, de même, la limite de la même fréquence, si l'on effectue tous les tirages de X dans un contexte où «$Y \in B$» a lieu. Les variables aléatoires X et Y sont indépendantes si les deux limites en question sont égales. Dans ce cas, on peut écrire : $P[(X \in A) \text{ et } (Y \in B)] = P(X \in A).P(Y \in B)$. Un exemple de dépendance : soit un jeu de 32 cartes ; on tire 5 cartes au hasard, on appelle X le nombre de rois et Y le nombre de dames présents (présentes) dans la main de 5 cartes : montrez que X et Y ne sont pas indépendantes.

Un exemple imaginaire

Examinons, sur un exemple imaginaire, dans le cas m=2, la signification de différentes formes de la fonction T : nous sommes dans une station de sports d'hiver, à l'arrivée d'une piste desservie par un remonte-pentes ; nous observons le processus ponctuel des instants d'arrivée des skieurs.

1°) Supposons que les skieurs aillent par triples : chaque fois que l'on observera deux temps inter-arrivées petits, on pourra en général considérer qu'un triple de skieurs vient d'arriver groupé et s'attendre à ce que le prochain temps inter-arrivées soit assez grand ; ainsi, pour des valeurs faibles de (t_1, t_2), on doit prendre $T(t_1,t_2)$ assez grand.

2°) De même, si X_{n-1} est grand mais X_n petit, on s'attend en général à ce que X_{n+1} soit petit (arrivée de la troisième personne du triple).

3°) Si cette fois X_n est grand mais X_{n-1} petit, on s'attend à ce que X_{n+1} soit petit (arrivée de la deuxième personne).

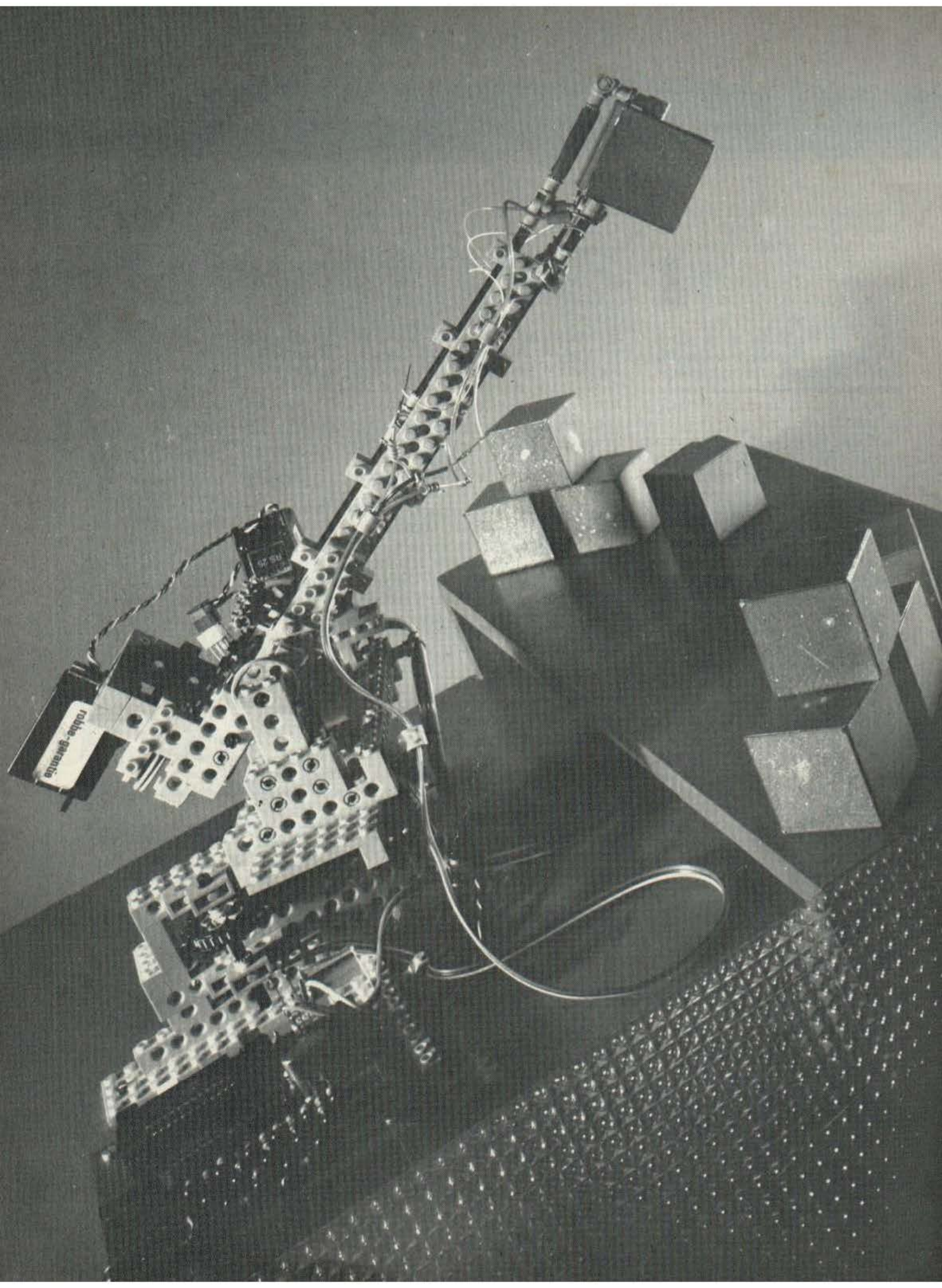
4°) Mais des incidents peuvent survenir sur la piste (pour ne pas parler du remonte-pentes et de sa file d'attente !) ; un triple peut arriver en ordre dispersé : ainsi, si, par exemple, lorsqu'une chute a lieu, on suppose que les trois personnes du triple attendent quelque temps sur la piste de se remettre de leurs émotions, elles repartiront entre deux triples normaux consécutifs : à l'arrivée, si X_n est moyen alors X_{n+1} pourra être moyen, lui aussi, jusqu'à rétablissement de la situation normale, etc.

Conclusion

Si des lecteurs sont confrontés à des processus ponctuels qu'ils soupçonnent être sous-tendus par une telle dynamique, ils peuvent prendre contact avec l'auteur : s'il s'agit de modéliser une file d'attente avec dépendances, nous pouvons envisager d'aborder le problème (ce travail résumé dans ces quelques lignes est mené en collaboration avec Michel Broniatowski, Assistant de Mathématiques à l'UER de Sciences Economiques de l'Université de Reims). ■

Jean Diebolt (*)

(*) Attaché de recherche au CNRS, Laboratoire associé LA213, UER 47, Université Paris VI. 75005.



LEGO ERGO SUM

Après nous avoir relaté l'histoire du robot bâtisseur, Marc Rembauville nous amène aujourd'hui au cœur même de tous les problèmes de conception et de réalisation.

Nous allons commencer, aujourd'hui, la description technique du «Syndactyle bâtisseur» par un examen de sa structure et de ses possibilités.

Le robot comporte trois parties distinctes :

— Le support, solidaire du bâti par une large embase.

— Une fourche permettant un mouvement de rotation parallèle au plan horizontal.

— Une flèche (faisant également nommer le robot de «grue») permettant l'élévation et la descente de la pince sur la surface de travail.

Valeurs numériques externes

L'animation du robot est assurée, pour la partie «motricité», par trois servos-moteurs de radio-commande. Nous les appellerons X, Y et Z :

— X effectue le mouvement de rotation de la flèche sur le plan de travail à balayer. Il est disposé verticalement et la transmission à la fourche est assurée par une chaîne. Ce mouvement couvre un angle total de 110 degrés répartis symétriquement par rapport à l'axe du bâti.

— Y effectue le mouvement d'élévation de la flèche pour des angles allant de + 20 à − 15 degrés par rapport à l'horizontale. Il est monté horizontalement et en prise directe sur l'axe de contrôle de la flèche.

— Z effectue le mouvement de prise des cubes par pincement. Il est monté horizontalement, la prise de rotation étant orientée vers le bas. Son mouvement rotatif est transformé en translation par un jeu de tringlerie . Le débattement de la pince va de 6,5 cm, ouverte, à 4 cm, fermée (taille d'un cube).

Dimensions de la structure

Lorsque la flèche est à l'horizontale et dans l'axe de symétrie du champ de rotation, les dimensions du robot sont : longueur : 40, largeur : 28, hauteur : 21, le tout en centimètres. En action, la pince peut s'élever à 30 cm au-dessus de la surface du grand bâti soit 24 cm au-dessus de la surface de l'aire de manipulation des cubes. La flèche se déplaçant de bord à bord (110 degrés) parcourt 45 cm en 5 secondes.

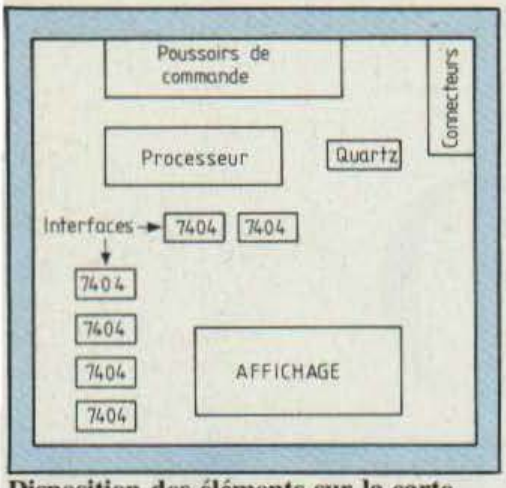
Le bâti-support-caisson.

Les dimensions du grand bâti sont 48 x 47 x 10 centimètres : il est réalisé «en épaisseur» afin d'offrir un volume de rangement des accessoires et permettre de rendre plus discrète la nécessité de l'alimentation électrique. Il est posé sur un fond de dimensions légèrement plus importantes afin d'en faciliter la prise et le positionnement sur les stands de démonstration...

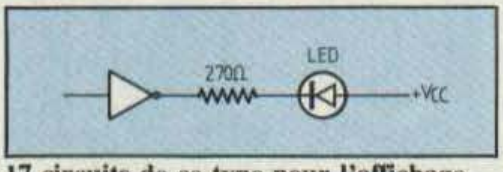
Les dimensions du petit plateau supportant les cubes sont 48 x 19 x 7 cm. Ce bâti est surélevé par rapport à l'autre pour que lorsque le robot est à hauteur de prises sur la deuxième rangée de cubes, la flèche se trouve exactement à l'horizontale. On évite ainsi des dissymétries de couple de force trop importantes et on atténue le décalage d'empilement qu'implique la fixité de l'axe pour le placement des deuxième et troisième rangées. Actuellement le décalage moyen, selon la précision des prises, est de 0,5 cm.

Les cubes

Ils sont au nombre de neuf, font 4 cm de côté et pésent 12 grammes chacun. Ces cubes sont disposés en trois rangées décalées chacune d'un demi-élément de façon que chacun des cubes, sauf ceux de la base, soit toujours supporté par deux autres.



Disposition des éléments sur la carte.



17 circuits de ce type pour l'affichage.

La composition de chacune des rangées est donc, respectivement , de 4, 3 et 2 cubes.

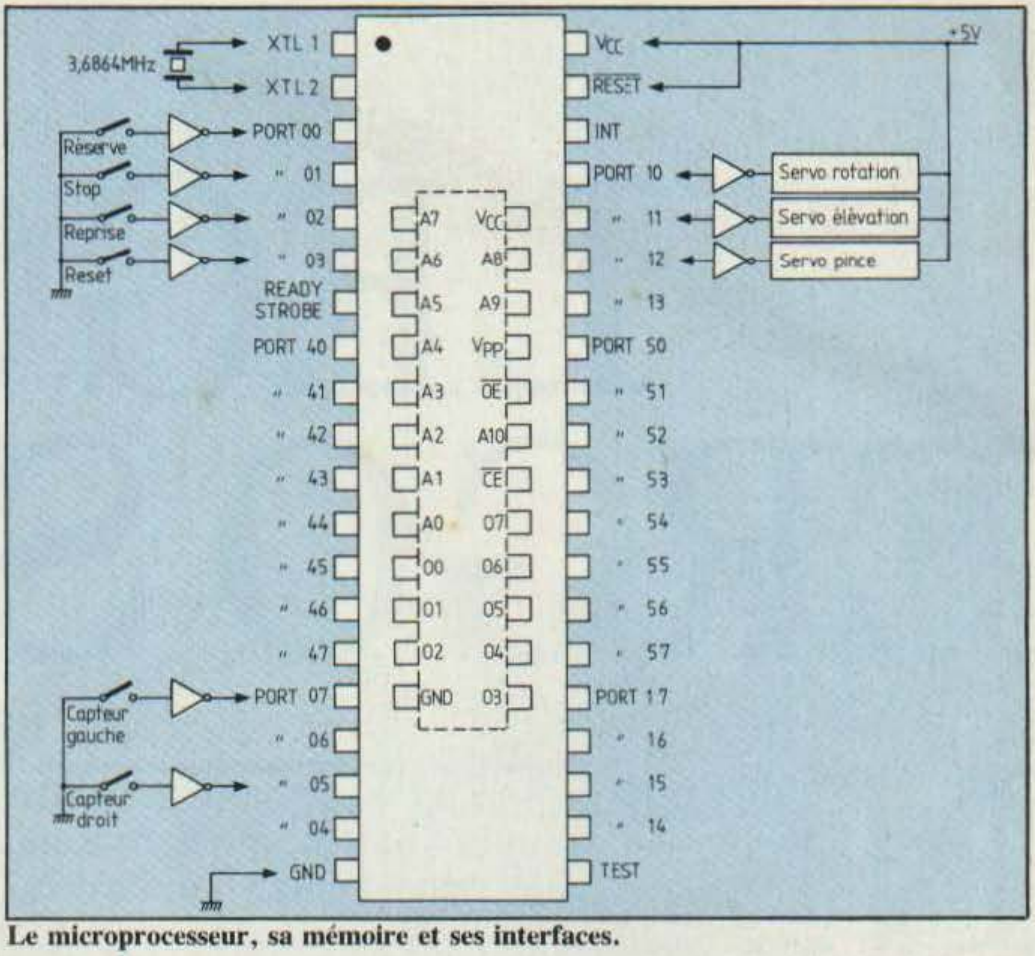
Le robot ne travaillant que sur un arc de cercle, les rangées sont présentées selon une certaine courbure dont le rayon est la distance entre l'axe de la flèche et le milieu de la pince (25 cm).

Les «capteurs»

Ce sont de simples contacts «tout ou rien» de réalisation «artisanale». Un système de rappel à l'état avec des élastiques de papeterie et un œillet de cosse électrique entrant en contact avec une broche à wrapper traversant un axe plastique (ouf!) m'a permis «d'intégrer» cette partie délicate et nécessaire au montage général. La fonction de ces très simples détecteurs étant de déterminer si un cube était correctement pris ou s'il convenait de réeffectuer une correction de prise vers la gauche ou vers la droite pour mieux le saisir. Pour espérer, raisonnablement, revenir fréquemment à des valeurs moyennes compte tenu des marges que j'acceptais, la distance séparant ces capteurs a été fixée à 3,5 cm. Trop espacés, les risques d'échappatoire des cubes étaient trop grands ; plus resserrés, les cubes auraient été saisis avec trop d'imprécision.

L'alimentation électrique

Le modèle n'étant pas destiné à se



Le microprocesseur, sa mémoire et ses interfaces.

déplacer, c'est une alimentation secteur régulée à 5 volts, sortant 3 ampères (valeur hautement confortable) que l'on a choisie. La tension à ses bornes reste toujours la même quel que soit l'appel de courant et quelle que soit la durée de fonctionnement.

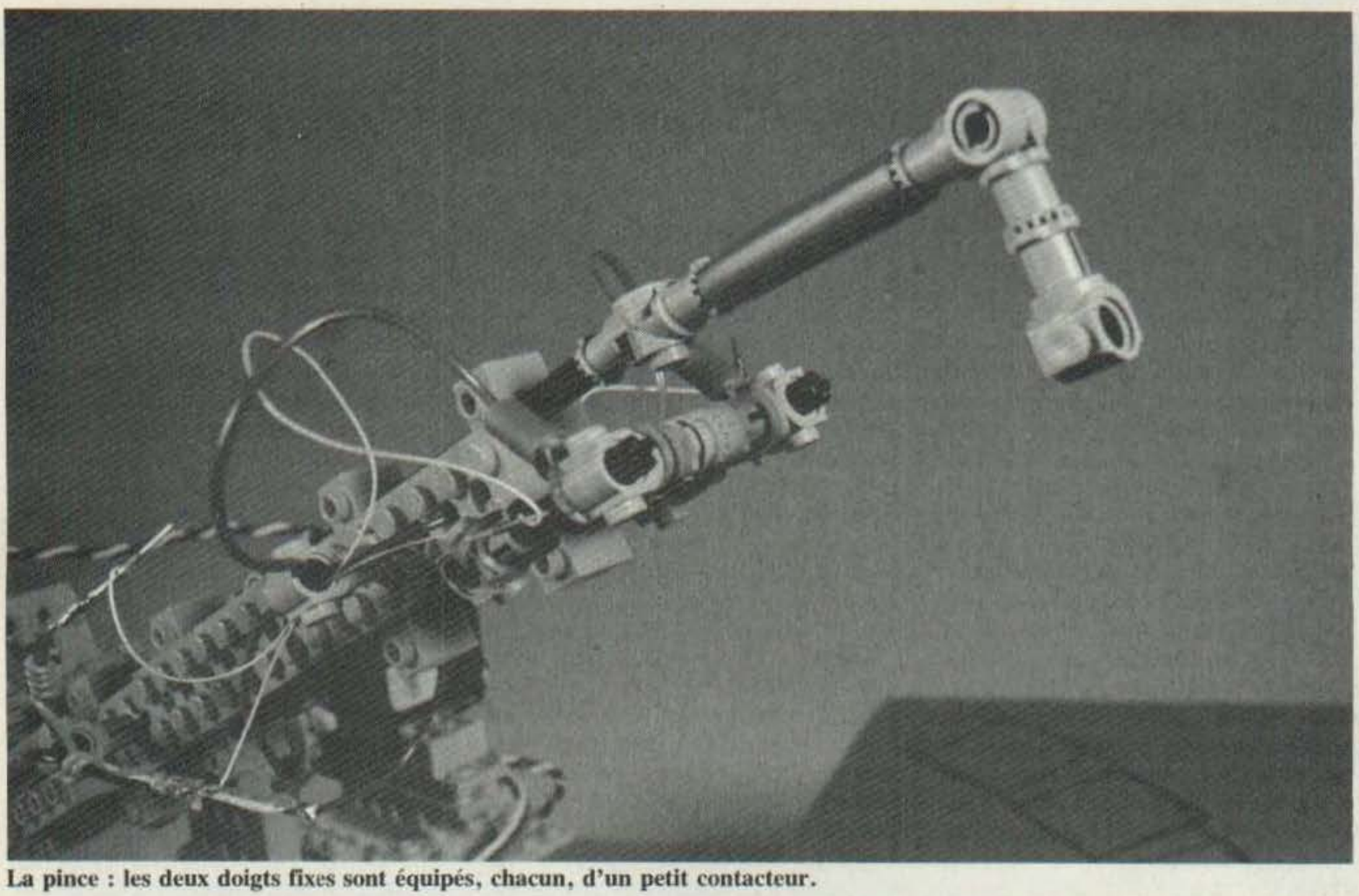
Comportement du robot

Nous laisserons le Syndactyle bâtisseur vous raconter lui-même comment il voit et ressent la conduite de son travail à la fois excessivement appliqué et éternellement inachevé. Tel un Sisyphe automatique dont la conclusion de sa tâche n'est que le postulat de sa répétition, le Syndactyle bâtisseur fait et défait, alternativement, d'un côté à l'autre, son petit mur de cubes. On pourrait penser qu'il fallait bien être robot pour accepter cette inutilité sans révolte. Mais je crois que lorsqu'on le laisse souffler un peu, le Syndactyle doit se prendre à penser que la quintessence de son obstination à conduire une tâche sans but est contenue dans l'amusement et l'intérêt que le public prend à le voir évoluer, à comprendre les mécanismes proposés, à désirer peut-être lui construire un petit compagnon, un jour.

Mais laissons-le parler maintenant et tendons bien l'oreille car il n'a pas encore une voix très forte et pour l'écouter mettons-nous a l'échelle des microsecondes et des milli-ampères. Voilà ; avez-vous fait ce transfert dans les immensités de l'infiniment petit ? Ecoutez :

«... Tout à coup une agitation fébrile me saisit : tous mes circuits se mettent sous tension ; ordres, contrordres éphémères : tout se contrarie, tout se mélange puis très rapidement le calme revient dans un ordonnancement plus rationnel. Ils sont tous là à attendre les ordres : les buffers de sortie attendent de relayer vers les servos-moteurs mes demandes d'action, les capteurs attendent que je leur signifie de me faire un rapport sur les observations qu'ils font du système extérieur.

Pendant l'agitation initiale, j'ai pu m'organiser un minimum afin de procéder à une mise en état initial de



La pince : les deux doigts fixes sont équipés, chacun, d'un petit contacteur.

la session de travail. Maintenant que les organes périphériques ont repris leurs esprits, je complète cette préparation en positionnant, à l'aide des servos moteurs, ma structure mécanique à un emplacement convenu d'avance pour commencer le boulot.

Je compte dix secondes de stabilisation pour que l'opérateur humain juge que j'ai bien la situation en main. Je regarde de temps en temps si un interrupteur est actionné pour me demander d'entretenir cette situation (pendant que l'humain procède, s'il le désire, à quelques réglages sur l'environnement physique qui m'est étranger avant de commencer). Et puis, on y va!

Tout d'abord je me tourne à droite vers l'extrémité du plateau et je tente de prendre un cube. S'il n'y en a pas à cet endroit, je recommence deux ou trois fois en faisant remarquer que s'il s'agit d'un oubli il est encore temps d'y remédier pendant que je m'en préoccupe encore, après ce sera trop tard. Si un cube est présent, je le soulève et l'emmène de l'autre côté du plateau à un endroit que j'ai calculé pour commencer à construire le mur.

Tant que l'on me propose un cube, je procède de la même façon pour construire un mur de plus en plus compliqué et complet. Cependant je refuse d'en prendre plus de neuf en charge et ignore ceux qui me seraient proposés au-delà. Lorsque il n'y a plus de cubes à monter sur le mur, je montre que je change de phase de travail. A ce moment, j'abaisse ma flèche au ras du plateau, du côté supposé libre et je procède au balayage de la zone pour montrer qu'il n'y a plus rien... ou qu'il ne doit rien y avoir. Dans ce cas peut-être ai-je eu la chance de balayer, à titre préventif, tout objet gênant la suite de ma démonstration. Après cette opération, je m'applique à reconstruire un mur du côté opposé en me servant des éléments de celui que je viens de terminer.

Lorsque j'ai achevé chaque séquence de construction, je refais un petit tour de balayage du côté qui vient d'être dégarni pour montrer que je suis bien conscient du changement de phase et marque mon contentement à la réussite, une nouvelle fois, de cette opération. Voilà donc décrit l'argument global de ma présentation. Je vais maintenant vous préciser quelques détails concernant la structure des cubes et la façon dont je procède pour réajuster la prise de manière précise.

Vous noterez tout d'abord que je peux travailler avec un nombre indifférent de cubes, ce nombre allant de 1 à 9. Ce choix se fait lors du chargement de la première phase : si aucun cube ne m'est présenté, je suppose que le mur est déjà réalisé dans son intégralité et disposé selon la structure convenue sur le côté droit du bâti. Cette disposition est moins fastidieuse à exploiter que le chargement unitaire. Lorsque je choisis un cube à prendre et l'endroit où le déposer, je le choisis vraiment en évaluant les règles de la

construction en calculant, d'une part, les emplacements disponibles, et, d'autre part, les cubes accessibles durant ce passage. Je n'ai pas de descriptif m'imposant de prendre tel élément et de le poser à tel endroit. J'entretiens réellement dans ma mémoire l'image des deux murs qui sont toujours en cours de modification.

Si on me prend un cube, je ne peux m'en apercevoir qu'au moment où je veux le saisir. Dans ce cas, je l'efface de ma mémoire et je continue avec le reste de la structure.

Dans le cas contraire où on déplacerait un cube, c'est beaucoup plus gênant car n'ayant pas de vision lointaine et rapide de l'environnement, je reste ignorant de cette modification et n'ai aucune stratégie compensatrice à développer. Si cela arrive, mon comportement est totalement perturbé : il vaut donc mieux éviter de me déranger dans mon travail appliqué. Il est plus intéressant de comprendre comment je travaille plutôt que de prendre plaisir à me déranger. De même mes servos-moteurs n'ont pas le sens de l'effort et il ne vaut mieux pas en contrarier la course.

La saisie des cubes peut se faire en plusieurs étapes selon le degré de difficulté rencontré. Tout d'abord, le cube est saisi à son emplacement le plus probable, (± 1 cm sur le périmètre d'action). Si mes deux capteurs de gabarit m'indiquent que la prise est correcte, enlevé, c'est pesé et je procède à l'insertion de l'élément dans la structure en cours de construction. Si l'un des deux capteurs m'indique qu'il y a d'un côté ou de l'autre un défaut de prise, j'entreprends de calculer la correction a apporter pour engager une nouvelle tentative. Lorsque le défaut de prise se répète trois fois sur un même cube, je l'emmène comme je peux «en dégradé» et le dépose à un endroit réservé libre à cet effet, au milieu du périmètre de manipulation. Là, j'ai tout le loisir, sans contrainte ni en temps ni en nombre d'essais, de procéder à la prise des cas difficiles sans risquer de perturber par frottements et glissements la structure du mur en démolition.

Si on actionne certains interrupteurs, on peut me faire travailler en cycle ralenti et l'opérateur a ainsi la possibilité de détailler et de commenter à son propre rythme l'enchaînement de ma présentation.»

Le Lego

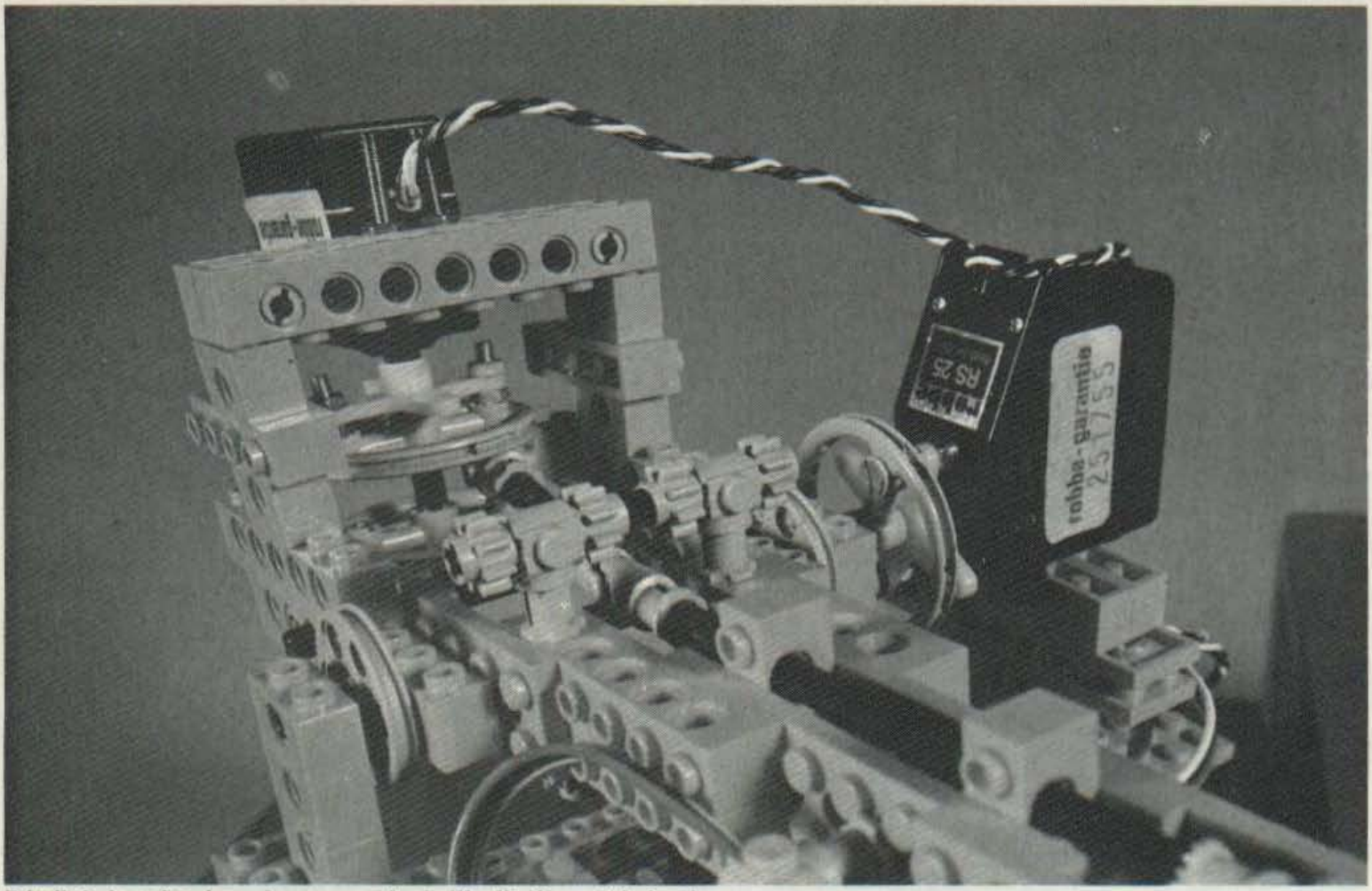
Lorsque il a été question de choisir le support mécanique de la structure, j'ai été très satisfait de trouver ce «Lego technique» que j'avais connu à travers la description dans une revue et ensuite identifié de façon plus précise, et avec circonspection, dans quelques magasins de jouets. J'ai étudié les caractéristiques offertes et j'en ai retenu des points très intéressants pour concevoir rapidement un «petit proto de robotique» à peu de frais pour ce qui concerne la partie support du mécanisme.

L'intérêt de ce genre de systèmes de construction est de se soumettre facilement aux modifications (sans que l'on ait à se replonger dans de «grandes études de bricolage») et donc de ne pas retarder le moment de tester la nouvelle structure ou sa variante. Par ailleurs, l'investissement est faible par rapport au «fini» qu'il donne au modèle et aux possibilités de réutilisation pour d'autres applications. Le matériau du Lego se prêtait très bien à un perçage «complémentaire» facile et précis, ce qui est essentiel pour effectuer des «hybridations» d'autres technologies (les vaillants servos-moteurs, entre autres) et sa légèreté permettait d'obtenir une flèche aux dimensions appréciables sans avoir à contrôler des masses importantes. D'autre part, les différents éléments proposés «par le constructeur» permettaient de réaliser cette flèche avec très peu de composants. Une bonne gamme de roues dentées et de chaînes plastique à maillons séparables offrait la possibilité de réaliser facilement des transmissions à la longueur désirée. Que trouvait-on encore ?

Des axes à section cruciforme : idéal, car ils constituaient des raccords de mouvements rotatifs supportant des couples assez élevés sans jamais risquer de faire «patiner» un palier de transmission. Et cela permettait d'envisager des réalisations où les éléments mécaniques étaient parfaitement synchronisés dans l'espace sans jamais les voir se décaler au cours du temps (nous pouvons négliger, pour l'instant, la torsion exercée sur l'axe pour des couples très importants, le décalage ne pouvant que rester très faible avant que cet axe ne se transforme en tortillon de guimauve. La possibilité de joindre ces axes par des raccords fixes aux lignes très fuyantes, permettait des extensions de transmission du mouvement de la pince sans «empâter la silhouette».

Bonne chose encore : des éléments servant à passer des axes extérieurs, qui s'encliquètent dans les trous et permettent de réaliser ainsi des «passe-fils» très convenables. Ce qui se révèle indispensable comme on peut le voir dans le cas de mouvements à grand débattement (les canaux d'information risquent de passer de sales moments s'ils ne sont pas convenablement guidés !).

Par ailleurs, le côté «cubique» des éléments offre la possibilité de monter rapidement une structure en volume, avec une bonne assise. Nous avons apprécié, paradoxalement, le côté «cassable» — désemboîtement serait plus convenable — qui permet de compenser la rigidité (précieuse comme nous l'avons vu) de montage des axes. Cela mérite en soi tout un chapitre, que nous limiterons aux remarques suivantes : lorsqu'on met au point des robots, on ne peut pas dire qu'ils soient disciplinés et disposés à répondre pleinement à nos projets, lors des premiers essais. De plus, les erreurs «d'une informatique en cours de développement» peuvent induire des commandes aberrantes d'actionneurs amenant les moteurs ou les servos à rester bloqués mécaniquement jusqu'à chauffer dangereusement (pour eux) et se détériorer. Or, ici et dans ce cas, il y aura toujours quelque part dans la structure un point particulièrement sensible à tel effort et dont les pièces vont se déboîter. Ça, c'est super ! Car non seulement



Détail de la mécanique de commande de l'inclinaison et de la pince.

vous obtenez un «pli d'aisance» pour la sauvegarde de votre moteur ou servo (toujours chers) mais, de plus, vous avez un petit cours gratuit de technologie, illustré par la résistance de votre structure. Si ça «casse», on remboîte les éléments (on devrait plutôt dire «legoter» et «délegoter») et on repart sans problème autrement conséquent, le plus préoccupant restant sans doute la correction du programme facétieux.

J'ai bien aimé également, le côté «croquant» des couleurs (gris, jaune ou noir selon la classe des éléments) qui, ajoutant à l'agrément de l'œil permet néanmoins, dans un but de vulgarisation de la robotique, de bien identifier d'un coup d'œil (l'autre) les différents composants et leur participation au mouvement de l'ensemble.

Ici, on fait une pause, car j'aurais peur que les concepteurs de ce Lego ne me fassent une petite crise de modestie. Il reste quand même quelques points posant des problèmes pour nos besoins (les miens et les vôtres) de réalisations «biscornues». Notamment, il n'existe pas de contacteurs métalliques s'intégrant à la silhouette et qui auraient pu éviter le montage «artisanal» des capteurs du Syndactile. Pour d'autres raisons (et tout cela devrait trouver remède), ce qui touche à une bonne mise en place des servos laisse une large part à la «bidouille», à la fois le pain et la récompense de tout «bidouilleur». En attendant ce «Lego perfectionné», j'ai «amélioré» le mien par de judicieux appels à la boulonnerie traditionnelle.

Les servos

Les servos-moteurs habituellement utilisés en radio-commande n'ont pas posé trop de problèmes d'adaptation électronique puisqu'ils fonctionnent très convenablement sous 5 volts et que leur commande est «compatible TTL». L'alimentation était la même pour tout le monde — logique et servos — et il a suffi d'une porte inverseuse 7404 pour augmenter l'intensité à fournir à la commande de chacun des servos.

Mécaniquement, il a bien fallu plier un peu les broches de la petite prise d'origine pour les insérer dans les supports à wrapper 2 x 4 au «sacrosaint» pas de 2,54 mm, ce qui n'a pas altéré la qualité des contacts ni abrégé leur longévité compte tenu des nombreux montages et démontages dont ils ont fait l'objet. Du point de vue programmation leur commande est un peu plus complexe et nous étudierons ce point dans un prochain article décrivant plus précisément chaque bloc fonctionnel de la procédure complète d'animation.

Le robot devant servir en démonstration dans des expositions durant d'assez longues périodes et voulant éviter de changer trop souvent ces servos (les réglages matériel/logi-

ciel étant délicats), j'ai choisi des modèles dont je connaissais déjà les capacités d'endurance pour les avoir pratiqués dans d'autres montages. Le «Syndactile» est équipé de deux RS25 et d'un S211 (plus petit et léger que les précédents) pour le mouvement de pince. L'amateur averti aura reconnu les références du catalogue ROBBE. Aujourd'hui ce sont toujours les servos d'origine qui équipent ce robot qui a fonctionné 250 heures environ (temps de développement, vérification de la stabilité des performances dans le temps et présentations).

Le servo qui «souffre» le plus, c'est celui affecté à l'élévation de la flèche et, bien qu'ayant «soigné» l'équilibrage des masses qu'il anime, je craignais pour lui. Cependant il a aussi bien résisté que les autres. Mais il faut le laisser «souffler» un peu (1/2 heure environ) après 2 heures d'activité continue.

Tous les mouvements du robot sont réalisés par la rotation maximum de 170 degrés environ qu'offrent ces servos. On peut, en ajoutant des paliers d'engrenages extérieurs, élargir ce champ d'action, mais pour cette réalisation il était préférable d'avoir la meilleure précision possible au niveau de la pince que de balayer un secteur plus large.

Le 3874

Lors de la recherche du processeur qui devait animer l'ensemble, je n'avais, à cette époque, que très peu de choix. Ou j'affublais en huit jours le robot d'une platine «électro-informatique de taille» à base de processeur «classique» et la partie mécanique était insuffisamment mise en valeur compte tenu du rapport injuste des volumes. Ou bien je m'armais de patience, de témérité et d'obstination pour trouver «le» monochip qui saurait me combler.

Arriva un jour où je «le» découvris. C'étais le Mostek 3874, un dérivé «civilisé» du F8 de Fairchild, plus connu des milieux industriels que du grand public. Le point le plus important qui a décidé de ce choix fut la présence d'une expansion de bus sur le «dessus» du processeur et sur laquelle on pouvait insérer une mémoire 2716 dont la programmation s'avère très classique. Cette judicieuse disposition permettait de réaliser une belle économie de câblage avec seulement 40 petites pattes «au sol» qui ne demandaient qu'à se dégourdir sur une bonne application.

Il faut dire «qu'en ces temps-là», il devait être le seul processeur à posséder une mémoire de programme là où on a l'habitude de la trouver chez nous. Ce qui est à la fois bien pratique, amusant et donne un certain «look» inhabituel. Autre intérêt de ce «monochip» : il n'a besoin d'aucune circuiterie particulière pour fonctionner! Je m'explique : un quartz, 5 volts, 2 «straps», sa mémoire et c'est tout! Pas de condensateur, de résistance, de circuit de contrôle du quartz, de «starter propre» pour le «reset»... Il se charge de tout avec un «reset impeccable» lors de la mise sous tension. Les 2 «straps» servent à inhiber les possibilités d'interruptions externes et à protéger la broche «reset» des décharges électrostatiques si des spectateurs venaient à en toucher les contacts.

Organisation du brochage

C'est donc un 40 broches où l'on trouve :

— 2 broches pour l'alimentation 5 volts à ± 10%.

— 2 broches pour connecter directement un quartz (un 3.6864 MHz ici. On pourrait le «pousser» jusqu'à 4 MHz mais ne jamais «descendre» au-dessous de 2 MHz). Il serait possible de connecter des éléments plus sommaires, mais pour bien contrôler le robot, il est indispensable de se fonder sur une évaluation très précise du temps.

— 1 broche pour les interruptions externes.

— 1 broche pour la ré-initialisation.

— 1 broche pour échantillonnage de l'activité du port E/S P4.

— 1 broche «test line» utilisée dans des cas bien particuliers qui n'ont pas retenu mon attention.

— 32 broches d'entrées/sorties organisées en 4 ports (P0, P1, P4 et P5).

... et 40, le compte y est : débrouillez-vous avec cela! Le tout étant «compatible TTL à souhait».

Organisation Interne

Entrez, entrez! A l'intérieur c'est aussi la fête. On y trouve :

— Un timer 8 bits qui fonctionne «modulo» la valeur que vous lui avez assignée (très pratique : ça évite des recalculs pour synchronisation si vous «traînez» un peu à prendre en compte l'interruption en attente).

— Un registre de contrôle de ce timer, indépendant, avec des possibilités de choisir l'échelle des unités de temps à décrémenter allant de 2 à 200 fois la valeur d'un cycle de base. Dans ce même registre, on trouve également des consignes relatives au traitement des interruptions (timer ou externes) lorsqu'elles doivent être gérées par l'application.

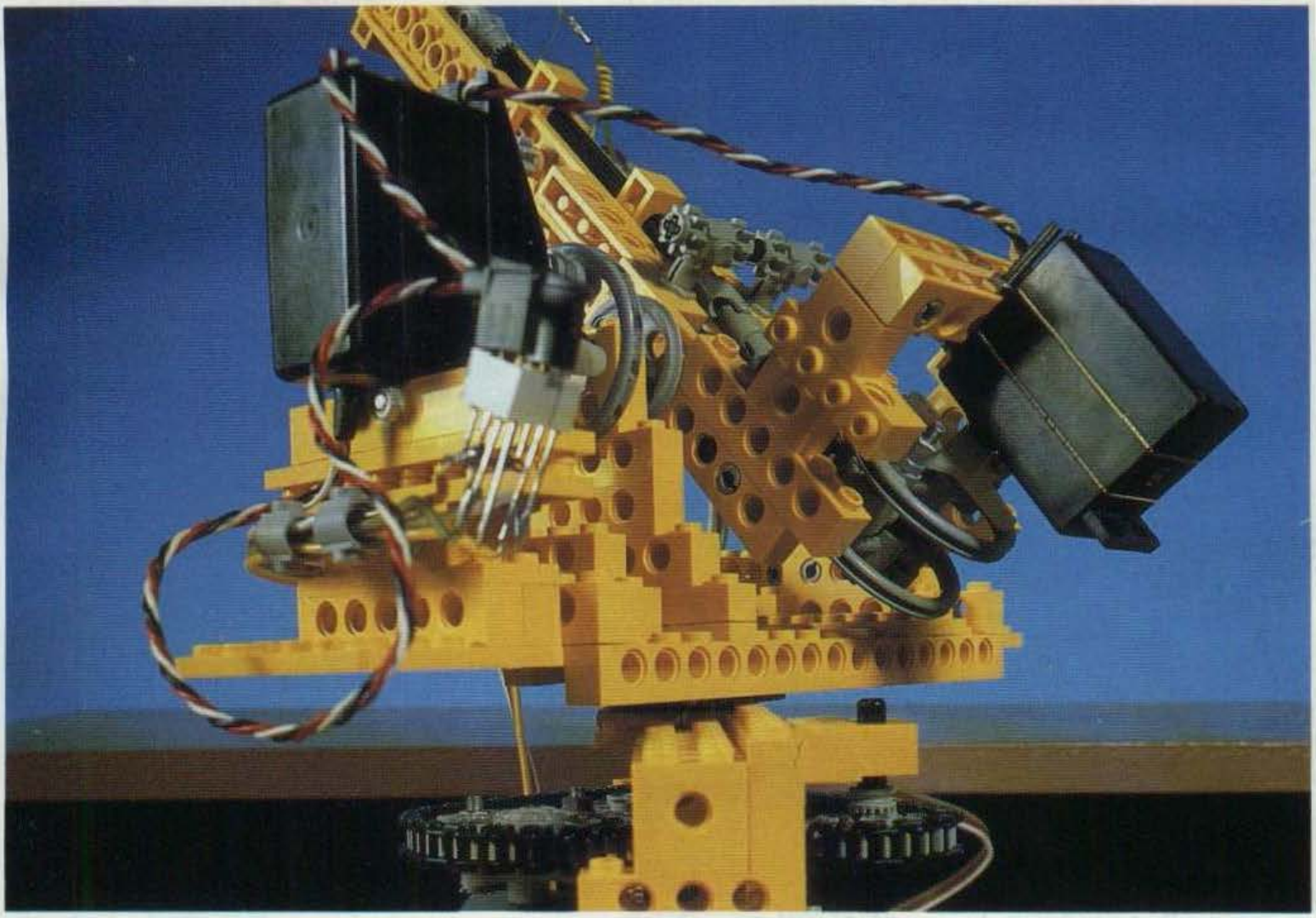
— Un classique accumulateur 8 bits.

— Un registre de 6 bits décrivant l'état du processeur et de l'accumulateur.

— Un registre particulier de 2 fois 3 bits (ISAR pour «Indirect Scratchpad Adresse Register») qui peut faire dire que ce processeur possède 8 plans de 8 registres. Ne pouvant en «voir» que 8 à la fois (3 bits bas ou directement exprimés dans l'instruction) pour un quelconque des 8 plans qu'il est possible de choisir (3 bits hauts).

— 64 octets de mémoire «scratchpad» accessible par le moyen de l'ISAR que je viens d'évoquer. Mais, attention! On y trouve aux positions décimales 9 à 15 des octets qu'il vaut mieux éviter d'adresser si on ne sait pas où on met ses instructions (à l'image des «pieds» du balourd bien connu). Il y a des surprises, car c'est là que le processeur entretient ses pointeurs programme et pointeurs auxiliaires de données.

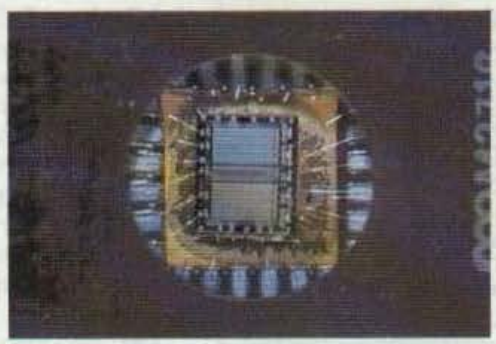
— On trouve également 64 octets supplémentaires de RAM dite «exécutable» non pas parce qu'elle a commis une faute impardonnable, mais parce qu'on peut y charger des séquences de programme, venant de l'extérieur le plus souvent, et les exécuter ensuite comme si l'on se «baladait» en Eprom.



A l'arrière on peut voir la mécanique d'entraînement de la rotation de la flèche.

C'est bien entendu dans un sens tout différent que nous l'avons utilisée. Cette belle «extension mémoire» (64 octets dans un monochip ça ne se refuse pas) nous a permis de ranger (et entretenir avec le plus grand soin) les états des murs de cubes puisqu'on peut l'écrire et la relire pour stocker également des données via un registre spécial, appelé «data counter».

Une bonne partie des 76 instructions de base se révèle très pratique quoique très distribuée en fonction des divers dispositifs adressés (mais ce n'est pas le seul processeur dans ce cas). Mais alors, l'autre partie... Dans un premier temps on évite d'en faire usage mais ça ne tient pas longtemps et si l'on veut réaliser l'objectif que l'on s'est assigné il faut y plonger. Car cette bestiole, si séduisante par ailleurs, ne possède pas, à vraiment parler, de pile de retour de sous-programme !!! Le



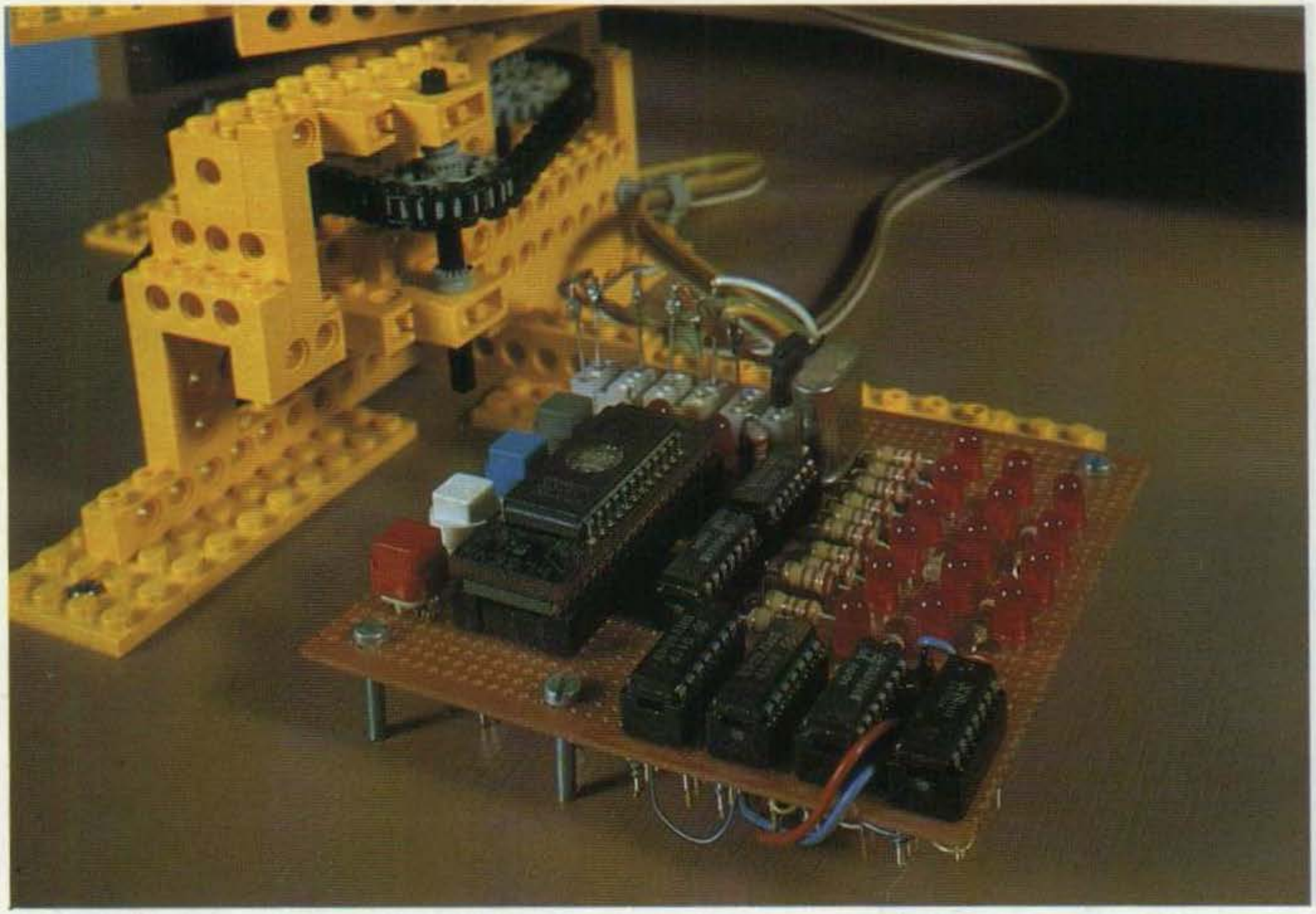
Fenêtre d'effacement de la mémoire.

premier niveau de sous-programme, ça va : il faut vraiment être épais pour rater la marche. Mais pour aller au 2e niveau et être sûr d'en revenir sans «bobo», c'est plus compliqué que de prendre un ascenseur. Il faut passer par la cave et ne pas hésiter à «aller au charbon». Ah oui ! Il est «bien compatible F8» et on y retrouve la «façon» de l'ancêtre. Mais on arrive, avec un peu d'habitude et d'habilité (encore merci pour moi), à «assouplir» cette architecture sauvage et archaïque. La preuve ! (Admirez encore...).

La carte informatique

La platine informatique est une plaque perforée ordinaire à trous cuivrés du côté câblage pour permettre la soudure des supports à wrapper. A ce propos, je conseille de souder les quatre pattes extrêmes des composants (plus une soudure au milieu de chaque ligne pour les supports à 40 broches) pour améliorez la longévité des connexions si des composants ou des connecteurs sont manipulés souvent. Toutes les connexions sont donc wrappées sur cette carte et on y trouve «toute l'électronique de commande et d'interface nécessaire à la conduite du robot». On peut identifier 5 zones principales à savoir :

— le processeur : j'ai déjà largement décrit cette partie dans le cha-



La carte informatique : certaines portes des 7404 n'ont pas été utilisées.

pitre consacré au «3874» (eh oui, il faut suivre).

— La connectique : là c'est un peu plus nouveau. D'accord, j'explique. Cette partie est constituée de trois supports à wrapper 2 x 4 par lesquels on fait passer les «communications extérieures» soit en provenance des 2 capteurs soit à destination des 3 servos.

— L'affichage : on y trouve 15 Leds rouges affichant différentes étapes du calcul et qui ont rendu de «gros services» durant la phase de mise au point. Aussi, par «respect pour cette période historique» (et aussi parce que c'est fatiguant de les retirer), sont-elles restées et participent à visualiser «les battements de cœur» du Syndactile. Il existe deux autres Leds (en tête du processeur) qui, à l'origine, devaient être des «yeux» clignotants, et qui ne servent aujourd'hui qu'à s'assurer de la présence de la tension 5 volts si «quelque chose» inhibait le contrôle logique. Chaque circuit d'affichage est constitué par un port de sortie du processeur, le passage par une porte 7404, une résistance de 270 ohms et enfin la Led (dans le bon sens) qui va s'alimenter sur le 5 volts commun.

— Les poussoirs de commande opérateur : Ils sont au nombre de quatre mais seuls trois sont en service réel, le gris étant «mis en réserve de service pour mission ultérieure». Le rouge sert à remettre le robot en condition intiale (le RESET) pour interrompre la présentation en cours et tout recommencer au départ. Le blanc sert à «suspendre» le déroulement continu de l'action, pour pouvoir commenter le comportement du robot lors des présentations sans être astreint à un débit de «marchand de cravates», devant l'impossibilité de se synchroniser. Le bleu sert à poursuivre l'action interrompue par la commande précédente.

Lorsque ces boutons poussoirs sont relâchés, l'entrée TTL à laquelle ils sont chacun connectés prend la valeur «niveau haut». Lorsqu'ils sont actionnés, et étant à ce moment reliés à la masse (GND), l'entrée TTL correspondant prend la valeur «niveau bas». La sortie de chaque 7404 entre sur un port E/S du processeur, lequel interprète la commande comme il a été programmé. Il est intéressant de noter que le principe reste le même pour l'acquisition des états des capteurs de la pince.

— Les 7404 d'adaptation des interfaces : Au nombre de 6, leurs différentes fonctions ont été décrites dans les ensembles relatés précédemment (toujours les mêmes qui ne suivent pas). ■

(A suivre...)

Marc Rembauville

Industrie

SCART/SIERE : LE BILAN

Les chiffres principaux de l'Electronique grand public en France pour 82 sont désormais connus. Cette industrie employait 17228 personnes. Globalement le marché a progressé de 26% en francs courants, toujours par rapport à 81. Dans le détail, nos exportations ont fait un bond de + 39% et les importations de + 36% représentant, en valeur, la somme de 9 milliards de francs. Le Japon en est un des principaux bénéficiaires qui, avec 43%, s'empoche de la sorte environ 4 milliards. Le coût de fabrication (heure chargée) était de 10 F à Singapour mais de 56 F en France. L'augmentation des prix du matériel électronique n'a pas dépassé 2,5% alors que l'indice de consommation de l'Insee pour 82 était de 11,8%. Sur cette base, la croissance du marché ressort à + 5% en francs constants 75 et à + 13,7% en volume. Ces chiffres mettent en évidence l'amélioration de la productivité dans ce domaine. D'ailleurs, sur la période 75-82, le taux de croissance moyen de 16,5% en francs courants est à rapprocher de l'amenuisement régulier des effectifs de 4% sur la même période. Du point de vue des structures, l'industrie a réalisé une formidable concentration. A titre indicatif, sur le secteur Radio-Télévision, en 1963, 25 entreprises réalisaient 83% du C.A. de la branche en employant 81% des effectifs. Aujourd'hui, 5 groupes réalisent 92% de C.A. total avec 89% du personnel.

Les produits audio ont vu leur marché apparent augmenter en valeur de 10,6% en 82. Grands vainqueurs de l'année, les radio-récepteurs (+ 46,6%) et les autoradios (+ 30%). En volume, le marché apparent des radio-récepteurs n'a augmenté que de 4,3% et celui des autoradios de 7%, ce qui prouve un déplacement des goûts du public vers le moyen et haut de gamme. Le volume d'achat des chaînes électro-acoustiques est resté stable (1,1 million d'unités vendues).

Les produits vidéo ont vu leur marché apparent augmenter en valeur de + 26,5%. La télévision constitue encore en 82 l'activité prépondérante de l'électronique grand public. Le taux d'équipement total est de 93% dont 60% seulement en postes couleur. 2,2 millions de TV couleur et 743.000 N et B ont été vendus en 82. Par ailleurs, le parc des magnétoscopes était, en 82, de 1,1 million ce qui a entraîné une consommation en cassettes vierges de 11,5 millions de pièces. On comprend mieux l'intérêt des projets de taxation... Enfin, le marché intérieur français a été, en 82, d'environ 180.000 jeux vidéo alimentés par 10,8 millions de cartouches et de 100.000 ordinateurs grand public (au prix ttc inférieur à 5000 F). Notons, pour terminer de façon optimiste, que l'industrie française est relativement bien placée sur ces deux derniers secteurs du point de vue de l'exportation (plus de 50% de sa production).

1982 : LES RESULTATS DU FIEE

Incluant les résultats de l'électronique grand public, la Fédération des Industries Electriques, Electroniques et Informatiques françaises publie, elle aussi, son rapport d'activité. En 1982, celles-ci ont employé 480.000 personnes et fait un chiffre d'affaires de 160 milliards de francs dont 61 milliards à l'exportation. Hors informatique, le C.A. a progressé de 11,5% en valeur et de 2,1% en volume. Avec l'informatique le C.A. total a progressé de 14,8% en valeur et de 5% en volume par rapport à 81. Grâce à ce dernier secteur, la profession se situe au premier rang des industries françaises, bien avant l'automobile qui a pourtant connu en 82, une reprise exceptionnelle. Par rapport aux concurrents étrangers, nos industries se situent au 4e rang mondial derrière les USA, le Japon et la RFA. Avec 61 milliards de francs d'exportation (+ 10,8%), elles détiennent près de 6% du marché mondial.

Toutefois les constructeurs nationaux n'ont pu profiter pleinement d'une forte demande intérieure : les importations ayant, en effet, progressé de 27% au cours de l'exercice, par rapport à 81. Les effectifs ont diminué de 0,5% dans l'ensemble de la profession. Ils ont progressé dans l'informatique et diminué dans les industries électriques et électroniques. La production en volume par personne employée n'a augmenté, en 82, que de 2,8% (ceci est dû à la diminution de la durée du travail et à la 5e semaine de congés payés). Ce ralentissement de la productivité apparente joint à l'accélération du coût horaire (+ 18%) a provoqué un alourdissement du coût salarial par unité produite qui n'a pu être répercuté au-delà de 9% dans les prix de vente. Enfin, dans sa lettre d'information, la F.I.E.E. rappelle qu'un important effort doit être prolongé du point de vue de la formation des ingénieurs et techniciens. Selon une étude du BIPE, un déficit annuel de 350 ingénieurs électroniciens avait été diagnostiqué pour la période 82/86. Depuis, les Pouvoirs Publics semblent avoir en partie réagi puisque le nombre d'élèves admis en octobre 82 dans les grandes écoles a accusé une forte augmentation (+ 30%).

Directeur de la publication : A. LAMER. N° commission paritaire : en cours. Imprimerie : S.N.I.L. Aulnay-sous-Bois.

collection MICRO SYSTEMES ETSF

Cinquante programmes pour ZX 81

Utiles ou divertissants, les programmes qui sont rassemblés dans cet ouvrage sont originaux et utilisent au mieux toutes les fonctions du ZX 81. Ils sont tous écrits pour la version de base de ce micro-ordinateur avec mémoire RAM de 1 K. **Loin d'être limités, ils constituent au contraire un exercice très intéressant pour apprendre à ne pas dépasser la place mémoire disponible.**

Votre propre imagination et les idées développées dans cet ouvrage vous permettront de créer, très rapidement, des programmes personnels.

par G. ISABEL — *128 pages.*
Collection Poche informatique n° 1. — *PRIX : 42 F port compris*

Montages périphériques pour ZX 81

Dans cet ouvrage, Patrick Gueulle, auteur de nombreux livres sur le ZX 81, vous propose de **construire vous-même des interfaces et périphériques** pour ce micro-ordinateur. Les périphériques retenus ont été sélectionnés pour leur utilité pratique. Ainsi l'auteur vous propose de résoudre vos problèmes d'enregistrement automatique, de réaliser une horloge temps réel... et vous conseille pour l'assemblage et le dépannage.

Il vous propose également une sélection de **logiciels** écrits en Basic et en langage machine qu'il vous suffira de frapper au clavier pour doter le ZX 81 de possibilités parfois insoupçonnées.

par P. GUEULLE — *128 pages.*
Collection Poche informatique n° 2. — *PRIX : 42 F port compris.*

Passeport pour Applesoft

Ce livre s'adresse aussi bien au débutant en informatique qu'au programmeur expérimenté. C'est le manuel nécessaire à tout utilisateur du « Basic étendu », car toutes les instructions, fonctions et commandes y sont répertoriées dans l'ordre alphabétique.

Le débutant y **apprendra le Basic** en tapant les programmes et en lisant l'explication qui est donnée pour chacun d'eux. Le programmeur expérimenté pourra y **retrouver instantanément une commande, fonction ou instruction.**

par C. GALAIS — *160 pages*
Collection Poche informatique n° 3. — *PRIX : 49 F port compris.*

Passeport pour Basic

De ABS à XDRAW, cet ouvrage regroupe toutes les commandes, fonctions et instructions des différents Basic.

Vous l'utiliserez soit comme un dictionnaire alphabétique pour connaître rapidement l'emploi d'un « mot » Basic particulier, soit comme un guide de transcription de programmes, puisque les termes propres à certaines machines sont repérés par des symboles graphiques.

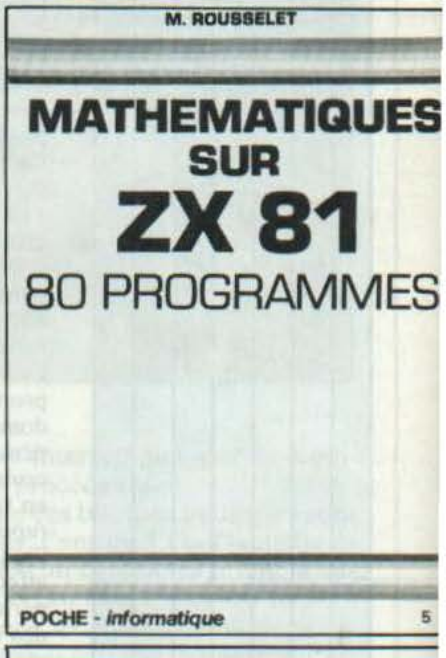
Un livre clair et pratique à garder à portée de la main.

par R. BUSCH — *128 pages.*
Collection Poche informatique n° 4. — *PRIX : 42 F port compris.*

Mathématiques sur ZX 81 : quatre-vingts programmes

Analyse, algèbre linéaire, statistiques, probabilités... Une gamme très complète de programmes bien conçus pour le lycéen, l'étudiant ou le mathématicien. Pour ceux qui ne possèdent pas de ZX 81, l'auteur explique la démarche qui leur permettra de programmer leurs calculs sur d'autres matériels. L'auteur vous propose ainsi des programmes sur le tirage au sort et les tris, les calculs avec les entiers, les fonctions numériques, la réalisation d'une équation, l'intégration, les vecteurs et matrices, les lois de probabilité discrètes et continues...

par M. ROUSSELET — *128 pages.*
Collection Poche informatique n° 5. — *PRIX : 42 F port compris.*



Commande et règlement à l'ordre de la LIBRAIRIE PARISIENNE DE LA RADIO, 43, rue de Dunkerque, 75480 Paris Cedex 10.

PRIX PORT COMPRIS
Joindre un chèque bancaire ou postal à la commande

MICRO SYSTEMES ETSF

50 programmes pour Casio FX 702 P et FX 801 P

Jeux, vie pratique, mathématiques, physique-chimie, astronomie, comptabilité : des programmes variés, originaux et bien conçus, qui vous feront apprécier la souplesse et la richesse des Casio FX 702 P et FX 801 P.
Un index des fonctions utilisées dans chaque programme permet au débutant de s'exercer à la programmation en Basic.
par G. PROBST — *128 pages*
Collection Poche informatique n° 7. — *PRIX : 42 F port compris*

Passeport pour ZX 81

Toutes les fonctions, instructions et commandes du ZX 81 sont présentées dans l'ordre alphabétique.
Leur recherche est donc facile et rapide.
Le débutant pourra s'initier à l'emploi de chaque mot clé grâce au programme et aux explications qui sont donnés pour chacun d'eux.
Pour celui qui maîtrise déjà le Basic du ZX 81, ce manuel sera un très utile aide-mémoire pour perfectionner sa programmation.
par C. GALAIS — *144 pages*
Collection Poche informatique n° 6. — *PRIX : 49 F port compris*

La micro-informatique et son ABC

Cet ouvrage d'initiation vous explique très clairement les concepts et les techniques de la micro-informatique. Des systèmes numériques et logiques à la programmation, de l'unité centrale aux périphériques, il vous apportera les connaissances indispensables pour comprendre les multiples documents informatiques et pour exploiter au mieux votre micro-ordinateur.
L'auteur a adopté une méthode de présentation originale en trois niveaux (A, B et C), de difficulté croissante, qui peuvent être étudiés séparément.
Principaux chapitres : les systèmes numériques ; comptage, addition et soustraction ; multiplication et division ; les systèmes logiques ; additionneur ; registre et mémoire ; les systèmes programmés ; unité centrale ; instructions et programmes ; les systèmes d'entrée-sortie ; périphériques ; coupleur ; les systèmes d'interruptions et d'accès direct.
par M. JACQUELIN — *256 pages. Format 15 × 21*
Collection Micro-Systèmes n° 8. — *PRIX : 120 F port compris*

Maîtrisez le TO 7 : du Basic au langage machine

Cet ouvrage s'adresse aussi bien au débutant, qui y trouvera une description très détaillée du Basic TO 7 avec de nombreux programmes d'applications, qu'au programmeur averti, qui vise déjà la programmation en Assembleur et la fabrication de ses propres extensions. Vous lirez avec intérêt la présentation complète du 6809 et de son mode d'adressage, vous découvrirez le moyen de programmer en Assembleur ainsi que toutes les implantations mémoires, tous les branchements de connecteurs et les adresses des sous-programmes du moniteur avec leur mode d'emploi détaillé.
Principaux chapitres : matériel, logiciel et extensions ; bases du langage ; gestion de l'écran ; caractères utilisateurs ; branchements, itérations et sous-programmes ; variables numériques, chaînes et tableaux ; dessins et graphiques ; le microprocesseur 6809 : présentation détaillée et programmation en Assembleur.
par M. OURY — *192 pages. Format 15 × 21*
Collection Micro-Systèmes n° 9. — *PRIX : 93 F port compris*

Commande et règlement à l'ordre de la LIBRAIRIE PARISIENNE DE LA RADIO, 43, rue de Dunkerque, 75480 Paris Cedex 10

PRIX PORT COMPRIS

Joindre un chèque bancaire ou postal à la commande

GAGNEZ 10 20 30 FOIS VOTRE MISE*

★ Au 15 juillet 1983, nous avons constaté un gain de plus de 450 fois la valeur du Haut-Parleur, entre le prix officiel et la promotion d'un de nos annonceurs

— A coup sûr, vous récupérez largement votre mise (**15** F la valeur du Haut-Parleur) pour tout achat auprès d'un de nos annonceurs.

— Nos annonceurs, pour la majorité d'entre eux, ont une grande habitude du « Lecteur Haut-Parleur » et savent lui proposer du matériel de qualité et toujours aux meilleurs prix.

— Une chaîne Hifi, un wattmètre, une centrale d'alarme, un micro-ordinateur, une antenne, un téléphone sans fil, un autoradio, une table de mixage, un scanner, un kit, un rack, un compact disc, un walker, des cassettes, etc. Non, ce n'est pas un poème de Prévert, inédit, mais quelques appareils à usage quotidien qui vous sont proposés chaque mois aux meilleurs prix dans le **Haut-Parleur.**

— Lire le **Haut-Parleur,** c'est gagner du temps et de l'argent.

LE HAUT-PARLEUR

VTR Micro

54, rue Ramey 75018 PARIS téléphone : 252.87.97
Magasin de vente : Même adresse. Horaires : 10 h 30 - 13 h 30 et 15h - 19h
Jours d'ouverture : du mardi au samedi inclus
METRO : Jules Joffrin ou Marcadet Poissonnières

UNE SÉLECTION DES MEILLEURS MICROS GRAND PUBLIC

ZX 81
Sa réputation n'est plus à faire

VIC 20
L'ordinateur copain

COMMODORE 64
L'extraordinateur

ORIC
La révélation de l'année

L'ORDINATEUR MEMOTECH
est arrivé !

SPRITES
CP/M
Version AZERTY/SECAM
HRG 16 couleurs

Moniteur
langage machine
Extensible
à 512 k
Magnétophone disquette
Disque dur
40 col.
24 lig.
Carte 80 col.

MEMOTECH M T X 500
Prestige et performance

JUPITER
La puissance du Forth

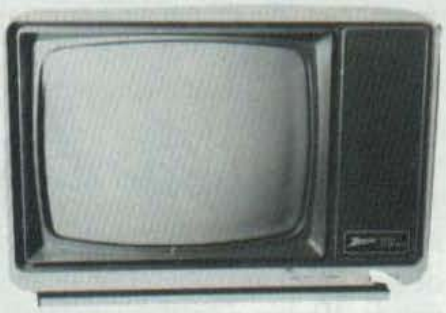
L'Ordinateur Merveilleux de
MATRA-HACHETTE.

SPECTRUM
Le grand frère du Z X 81

UNE SÉLECTION DES MEILLEURS PÉRIPHÉRIQUES MULTI-ORDINATEURS

SEIKOSHA GP 100
Un bel outil au meilleur prix

Une gamme complète de périphériques pour **ZX 81, SPECTRUM, JUPITER, VIC 20, COMODORE 64 et MEMOTECH MTX.**
Cartes E/S, Joystick, Cartes SON, Cartes mémoires, Interfaces imprimantes, Clavier..., et tous les programmes cartouches, cassettes et disquettes de V.T.R. Software.



MONITEURS N-V COULEURS
Noir et vert ou couleur, le confort d'utilisation

RAYON LIBRAIRIE, LOGICIELS ET FOURNITURES DIVERSES

et des services spéciaux VTR :

— Location de micros et accessoires (également par correspondance. Renseignez-vous).
— Services techniques et installation (pour ceux qui ne maîtrisent pas l'électronique).
— Service listing imprimante (pour ceux qui ne possèdent pas d'imprimante).
— Et enfin, le plus important des services : l'accueil.

La plupart de ces matériels sont disponibles dans les points de ventes V.T.R. INFORMATIQUE

DEMANDE DE CATALOGUE
joindre 5 F en timbres par catalogue. Merci.

☐ catalogue Software
☐ catalogues périphériques

Nom : .....
Prénom : .....
Adresse : .....
Code postal : .....
Ville : .....

tous à la Bastille!

LES ETATS GENERAUX DE LA MICRO-INFORMATIQUE. 24-28 JANVIER 1984

Une manifestation originale

Les États Généraux ce n'est pas seulement un salon; c'est aussi un véritable carrefour d'informations, d'opérations commerciales et d'événements quotidiens qui donneront le coup d'envoi du développement du marché de la micro en 1984.

CONSTRUCTEURS, DISTRIBUTEURS, SSCI :

tous à la Bastille!

Ils seront tous à la Bastille où les États Généraux les réuniront sur plus de 5000 m², pour vous présenter, dans un univers d'innovation, le point 1984 de la micro en France.

DIRIGEANTS D'ENTREPRISES, PROFESSIONS LIBÉRALES, ENSEIGNANTS, PARTICULIERS :

tous à la Bastille!

Aux États Généraux, une réponse sera donnée à chacune de vos préoccupations. Des débats ouverts et animés par des leaders d'opinion approfondiront chaque sujet, chaque problème à travers des :

"OPERATIONS COUP DE PROJECTEUR".

MARDI 24 JANVIER DE 9H30 A 18H00.

"La micro pour les commerçants et artisans" : une journée animée par **ICF.**

MERCREDI 25 JANVIER DE 9H30 A 18H00.

"La micro-informatique dans l'enseignement et la recherche", avec la collaboration du **C**entre **M**ondial **I**nformatique et **R**essource **H**umaine.

JEUDI 26 JANVIER DE 9H30 A 18H00.

"Les industriels face à la micro-informatique" : une journée animée par **LES ÉCHOS.**

VENDREDI 27 JANVIER DE 9H30 A 22H00.

"Entreprises de services et professions libérales : des besoins spécifiques" : une journée animée par **LE QUOTIDIEN DE PARIS.**

SAMEDI 28 JANVIER DE 9h30 A 18H00.

"La micro-informatique dans la vie quotidienne" : une journée animée par l'hebdomadaire **LE POINT.**

Tout au long des États Généraux, des débats sur des expériences vécues par des utilisateurs pilotes et animés par des journalistes, vous attendent tous les jours.

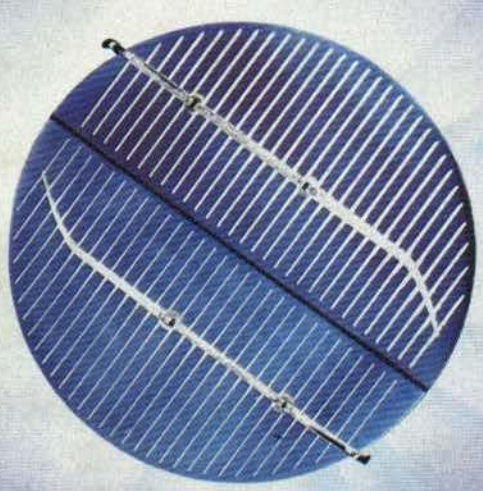
LES ÉTATS GÉNÉRAUX DE LA MICRO-INFORMATIQUE.

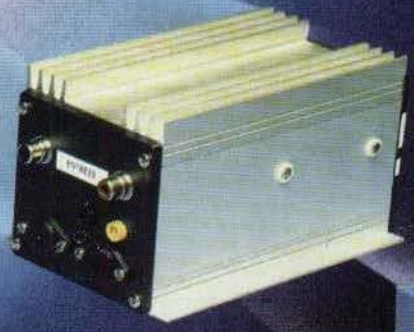
UNE MANIFESTATION DIFFÉRENTE. UN FAIT DE SOCIÉTÉ.

INFORMATIONS EXPOSANTS
20, bd St-Denis - 75010 PARIS
TÉL. 770.38.00

SEDIP

LES LOISIRS INTELLIGENTS...





un mensuel "tout-terrain" pour les AS du fer à souder

RADIO PLANS
électronique Loisirs

chez votre marchand de journaux

Marlboro
Marlboro
Marlboro
Briquets
EN VENTE DANS LES BUREAUX DE TABAC